



Esta obra está bajo una [Licencia
Creative Commons Atribución-
NoComercial-Compartirigual 2.5 Perú](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/).

Vea una copia de esta licencia en
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN -TARAPOTO

FACULTAD DE ECOLOGÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA



“Obtención de almidón de plátano (*Musa paradisiaca spp*) modificado para el proceso de coagulación- floculación Moyobamba, 2017”

**Tesis para obtener el título profesional de
INGENIERO SANITARIO**

AUTORES:

Bach. Bonelli Reyes Gonzales

Bach. Jhordin Guevara Arias

ASESOR:

Ing. Msc. Yrwin Francisco Azabache Liza

Moyobamba- Perú

2018

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN -TARAPOTO

FACULTAD DE ECOLOGÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA



“Obtención de almidón de plátano (*Musa paradisiaca spp*) modificado para el proceso de coagulación- floculación Moyobamba, 2017”

**Tesis para obtener el título profesional de
INGENIERO SANITARIO**

AUTORES:

Bach. Bonelli Reyes Gonzales

Bach. Jhordin Guevara Arias

Sustentado y aprobado ante el honorable jurado el día 27 de abril de 2018

Ing. M. Sc. Gerardo CÁCERES BARDÁLEZ
Presidente

Blgo. M. Sc. Alfredo Iban DÍAZ VISITACIÓN
Secretario

Ing. Marcos Aquiles AYALA DÍAZ
Miembro

Ing. M. Sc. Yrwin Francisco AZABACHE LIZA
Asesor

Declaratoria de Autenticidad

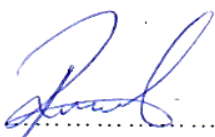
Bonelli Reyes Gonzales, identificado con DNI N°72968736 y **Jhordin Guevara Arias**, identificado con DNI N°70464989, egresados de la Facultad de Ecología, Escuela profesional de Ingeniería Sanitaria, de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, con la Tesis titulada: **“OBTENCIÓN DE ALMIDÓN DE PLÁTANO (*MUSA PARADISIACA SPP*) MODIFICADO PARA EL PROCESO DE COAGULACIÓN-FLOCULACIÓN MOYOBAMBA, 2017”**

Declaramos bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de nuestra autoría.
2. Hemos respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas. Por tanto, la tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente.
3. La tesis no ha sido auto plagiada; es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por tanto los resultados que se presenten en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De considerar que el trabajo cuenta con una falta grave, como el hecho de contar con datos fraudulentos, demostrar indicios y plagio (al no citar la información con sus autores), plagio (al presentar información de otros trabajos como propios), falsificación (al presentar la información e ideas de otras personas de forma falsa), entre otros, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto.

Tarapoto, 14 de mayo del 2018.


.....
Bonelli Reyes Gonzales
DNI N°72968736




.....
Jhordin Guevara Arias
DNI N°70464989



Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis.

1. Datos del autor:

Apellidos y nombres:	Reyes Gonzales Bonelli		
Código de alumno :	1052250	Teléfono:	969292134 - 929871513
Correo electrónico :	brg-185@hotmail.com	DNI:	72968736

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Datos Académicos

Facultad de:	Ecología
Escuela Profesional de:	Ingeniería Sanitaria

3. Tipo de trabajo de investigación

Tesis	(X)	Trabajo de investigación	()
Trabajo de suficiencia profesional	()		

4. Datos del Trabajo de investigación

Título:	"Obtención de Almidón de Plátano (Musa paradisiaca spp) Modificado para el proceso de Cuagulación-floculación Moyobamba, 2017"
Año de publicación:	

5. Tipo de Acceso al documento

Acceso público *	(X)	Embargo	()
Acceso restringido **	()		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, una licencia **No Exclusiva**, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:

6. Originalidad del archivo digital.

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

7. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI **"Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA"**.



Firma del Autor

8. Para ser llenado en la Oficina de Repositorio Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso Abierto de la UNSM - T.

Fecha de recepción del documento:

28 / 05 / 2018



Firma del Responsable de Repositorio
Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso
Abierto de la UNSM - T.

***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

**** Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis.

1. Datos del autor:

Apellidos y nombres:	Juvara Arlos Thordin		
Código de alumno :	105215	Teléfono:	
Correo electrónico :	Thordin.arlos54@gmail.com	DNI:	70464989

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Datos Académicos

Facultad de:	Ecología
Escuela Profesional de:	Ingeniería Sanitaria

3. Tipo de trabajo de investigación

Tesis	(X)	Trabajo de investigación	()
Trabajo de suficiencia profesional	()		

4. Datos del Trabajo de investigación

Título:	"Obtención de Almidón de Plátano (Musa paradisiaca spp) Modificado para el proceso de Coagulación - Floculación, Moyobamba - 2017"
Año de publicación:	

5. Tipo de Acceso al documento

Acceso público *	(X)	Embargo	()
Acceso restringido **	()		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, una licencia **No Exclusiva**, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:

6. Originalidad del archivo digital.

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

7. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI **“Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA”.**

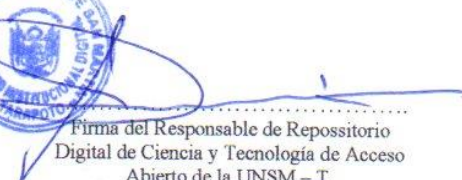

Firma del Autor

8. Para ser llenado en la Oficina de Repositorio Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso Abierto de la UNSM - T.

Fecha de recepción del documento:

28 / 05 / 2018




Firma del Responsable de Repositorio
Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso
Abierto de la UNSM - T.

***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

**** Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

DEDICATORIA

A Washington, mi ejemplarizador padre.
A Lisbeth, mí abnegada madre.
Por estar conmigo en todos los momentos
De mi vida y mis estudios inculcándome
Buenos hábitos y valores para desempeñarme
En el ámbito profesional.

Bonelli Reyes Gonzales

Dedico este proyecto de tesis a Dios y a mis
padres. A Dios por estar conmigo a cada paso que
doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar,
a mis padres quienes a lo largo de mi vida han velado
por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo
momento; depositando su entera confianza en cada
reto que se me presentaba sin dudar ni un solo
momento en mi inteligencia y capacidad. Es por ellos
que soy lo que soy ahora. Los amo con mi vida.

Jhordin Guevara Arias

AGRADECIMIENTO

A Dios,

Por acompañarme en todos los días.

Washington,

Por ser mi mejor amigo, aliado, mi ejemplo

Gracias por todo el apoyo en esta tesis y en mi vida

Liseth,

Gracias por tu infinita paciencia,

Por tu compañía y tu inagotable apoyo.

Ronny,

Gracias por estar conmigo, por todo tu apoyo

Y cariño hermano.

A Wilman,

Por tu apoyo, confianza y cariño. Nada podría ser mejor,
gracias por hacer este sueño compartido.

Cecilia,

Que esta sea la recompensa de años de entrega, desvelos y apoyo.

Sthefany,

Gracias por tu tierna compañía y tu inagotable apoyo.

Gracias por compartir mi vida y mis logros.

Amigos y Familiares,

Gracias por estar conmigo,

Por su confianza y cariño.

Con todo cariño,

Bonelli Reyes Gonzales y Jhordin Guevara Arias

ÍNDICE

	Pág
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE GENERAL	viii
RESUMEN	xii
ABSTRAC.....	xiii
INTRODUCCIÓN.....	1
Planteamiento del Problema.....	1
Formulación del Problema.....	3
Objetivos	3
Objetivo General.....	3
Objetivos Específicos.....	4
Justificación	4
CAPÍTULO I:.....	5
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	5
1.2. Bases Teóricas	7
1.2.1. El plátano.....	7
1.2.2. Almidón.....	12
1.2.3. Características del agua.....	15
1.2.4. Coagulación y Floculación.....	18
1.2.5. Marco geográfico.....	22
1.2.6. Marco legal	24
1.3. Definición de términos básicos	26
CAPITULO II:.....	27
MATERIALES Y MÉTODOS.....	27

2.1. Sistema de Hipótesis	27
2.2. Sistema de variables.....	27
2.3. Tipo y nivel de investigación	27
2.4. Diseño de investigación	27
2.5. Población y Muestra	28
2.6. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos	29
2.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	33
CAPITULO III:	34
RESULTADOS	34
3.1. Parámetros analizados con coagulante de almidón nativo y modificado.....	34
3.2. Análisis estadístico para la varianza de un factor (coagulante de almidón nativo y modificado.	48
3.3. Discusión de resultados.....	55
CONCLUSIONES.....	57
RECOMENDACIONES	58
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59
ANEXOS	62
Anexo 01: Panel fotográfico.....	62

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Composición del plátano maduro	9
Tabla 2: Porcentajes de amilosa y amilopectina	13
Tabla 3: Categoría y sub- categoría de los ECAs	25
Tabla 4: Límites Máximos Permisibles de calidad organoléptica	26
Tabla 5: Parámetros a analizados.....	33
Tabla 6: Resultados de la muestra 01, setiembre 2017	34
Tabla 7: Resultados de la muestra 02, setiembre 2017	35
Tabla 8: Resultados de la muestra 01, setiembre 2017	36
Tabla 9: Resultados dela muestra 02, setiembre 2017	38
Tabla 10: Variación de parámetros con almidón nativo al 2%	39
Tabla 11: Variación de parámetros con almidón nativo al 2%	40
Tabla 12: Variación de parámetros con el almidón modificado al 2%	41
Tabla 13: Variación de parámetros con el almidón modificado al 2%	42
Tabla 14: Variación de parámetros con el almidón nativo al 3%	44
Tabla 15: Variación de parámetros con el almidón nativo al 3%	45
Tabla 16: Variación de parámetros con el almidón modificado al 3%	46
Tabla 17: Variación de parámetros con el almidón modificado al 3%	47
Tabla 18: Datos de análisis pH	48
Tabla 19: Resumen de análisis pH.....	49
Tabla 20: Análisis de varianza pH	49
Tabla 21: Datos de análisis turbidez	50
Tabla 22: Resumen de análisis de turbidez.....	50
Tabla 23: Análisis de varianza de turbidez	50
Tabla 24: Datos de análisis de color	51
Tabla 25: Resumen de análisis de color.....	51
Tabla 26: Análisis de varianza de color.....	52
Tabla 27: Datos de análisis de solidos totales disueltos.....	52
Tabla 28: Resumen de análisis de sólidos totales disueltos	53
Tabla 29: Análisis de varianza de STD.....	53
Tabla 30: Datos de análisis de conductividad.....	54
Tabla 31: Resumen de análisis de conductividad	54
Tabla 32: Análisis de varianza de conductividad.....	54

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Estructura de amilosa	14
Figura 2: Estructura de la amilopectina	14
Figura 3: Ubicación geográfica de la zona de estudio	24
Figura 4: Diagrama de diseño 01.	28
Figura 5: Diagrama de diseño 02.	28
Figura 6: Resultados de la muestra 01, setiembre 2017.....	34
Figura 7: Resultados de la muestra 02, setiembre 2017.....	35
Figura 8: Resultados de la muestra 01, setiembre 2017.....	37
Figura 9: Resultados dela muestra 02, setiembre 2017.....	38
Figura 10: Variación de parámetros con almidón nativo al 2%	39
Figura 11: Variación de parámetros con almidón nativo al 2%	40
Figura 12: Variación de parámetros con el almidón modificado al 2%.....	41
Figura 13: Variación de parámetros con el almidón modificado al 2%.....	43
Figura 14: Variación de parámetros con el almidón nativo al 3%	44
Figura 15: Variación de parámetros con el almidón nativo al 3%	45
Figura 16: Variación de parámetros con el almidón modificado al 3%.....	46
Figura 17: Variación de parámetros con el almidón modificado al 3%.....	47

RESUMEN

Se realizó la evaluación de las propiedades fisicoquímicas y funcionales de almidones de plátano, con el objetivo de explorar la importancia y viabilidad del uso del almidón modificado de plátano. Esta investigación se evaluó en tres etapas: la primera etapa consiste en la obtención del almidón nativo y el almidón modificado (con el uso del ácido acético), la segunda etapa es la realización de las pruebas de laboratorio donde se hicieron los análisis fisicoquímicos de los parámetros: turbidez, color, pH, STD, conductividad.

Llegando a obtener los siguientes resultados: el almidón modificado (AM) actúa en la variación del pH de manera muy brusca acidificando la muestra, a diferencia del almidón nativo que no varía este valor, estadísticamente hablando esta tiene 0.0 % de probabilidad de repetirse algún resultado, independientemente de la velocidad o concentración, con un 95% de confianza. La turbidez es un parámetro que encuentra mayor estabilidad en la utilización de almidón nativo y poca variabilidad el AM al 2% teniendo los valores más bajos para la turbidez, con 11.12 UNT pero sin llegar a cumplir aun con las normas peruanas establecidas. El color ha tenido los mejores valores con el almidón modificado al 2%, seguida de los valores del almidón nativo al 3%; con el primer grupo este ha llegado a medir 32 UPC de 280 UPC esto indica un porcentaje de remoción de un 94 %, demostrando gran eficiencia de remoción, aunque no alcanza para cumplir ciertas normas preestablecidas. Los otros parámetros son indiferentes con los dos grupos de coagulantes usados.

Palabras clave: Obtención, almidón de plátano (*Musa paradisiaca spp*), modificado, proceso de coagulación – floculación, fenómeno físico, polisacáridos.

ABSTRACT

The evaluation of the physicochemical and functional properties of plantain starches was carried out, with the objective of exploring the importance and viability of the use of modified plantain starch. This research was evaluated in three stages: the first stage consists of obtaining the native starch and the modified starch (with the use of acetic acid), the second stage is the realization of the laboratory tests where the physicochemical analyzes of the Parameters: turbidity, color, pH, STD, conductivity.

Arriving to obtain the following results: the modified starch (AM) acts in the variation of pH in a very abrupt way acidifying the sample, unlike the native starch that does not vary this value, statistically speaking this has 0.0% probability of repeating any result, regardless of speed or concentration, with 95% confidence. Turbidity is a parameter that finds greater stability in the use of native starch and little variability the AM to 2% having the lowest values for turbidity, with 11.12 UNT but without even reaching the established Peruvian norms. Color has had the best values with starch modified at 2%, followed by values of native starch at 3%; With the first group this has reached 32 UPC of 280 UPC, this indicates a removal percentage of 94%, demonstrating great efficiency of removal, although it is not enough to meet certain pre-established standards. The other parameters are indifferent to the two groups of coagulants used.

Key words: Obtaining, banana starch (*Musa paradisiaca* spp), modified, coagulation process - flocculation, physical phenomenon, polysaccharides.



INTRODUCCIÓN

La falta de agua potable en países en vía de desarrollo representa un problema cada día más grande a nivel mundial, por lo que es necesario buscar nuevas y eficientes alternativas que brinden la posibilidad de mejorar la calidad del agua para el consumo humano que sea de fácil acceso y consecución para las poblaciones marginales.

Los procesos de coagulación y floculación permiten la remoción de partículas suspendidas y coloidales (turbidez). La materia prima propuesta para el tratamiento del agua se extrae de la naturaleza sin ningún proceso invasivo; de esta manera se rompe el paradigma de la exclusividad de los productos químicos industriales tales como el sulfato de aluminio y el sulfato férrico para tratar el agua y se abre la posibilidad a nuevas tecnologías a bajo costo, inocuas para la salud humana y respetuosa con el medio ambiente. Esta revisión sirve como base para conocer los agentes naturales y sus principales aplicaciones en el tratamiento del agua. (Jaramillo y Ramírez, 2015).

El agua es sin duda el recurso más esencial para la supervivencia de la humanidad, para el desarrollo económico, sanitario y social de las poblaciones, así como para el mantenimiento del equilibrio ambiental de los ecosistemas. Durante el reciente desarrollo industrial y avance tecnológico mundial, la contaminación del agua se ha convertido en un problema inevitable y grave en algunos casos. Los contaminantes se emiten cada vez más al agua y por lo tanto este recurso contaminado. La calidad del agua de los cuerpos de agua, no es estable debido a la carga y las partículas en suspensión coloidal causada por la tierra y el desarrollo de la actividad humana e industrial. (Pompolio, 2013).

Utilizando insumos naturales se puede determinar la eficiencia que tienen estos para reducir la contaminación del agua, estos tienen una actividad purificadora en la calidad del agua y con cierto grado de modificación química también deben existir otras reacciones, las cuales fueron analizadas y comparadas.

- **Planteamiento del Problema**

El proceso y los métodos que se utilizan para potabilizar el agua en nuestra localidad es de mucho esperar, pues a través de todos los pasos que en una convencional planta de tratamiento se realizan, la cual se abastecen de una cierta cantidad de químicos y

reactivos para la cooperación con la limpieza y remoción del agua y así hacerla buena y adecuada para el consumo de la población moyobambina, quienes se abastecen de la quebrada Rumiyacu y Misquiyacu sabiendo que lógicamente en tiempo poco lluviosos están son aguas tranquilas y con caudal bajo y en tiempos de invierno estas elevan su turbidez y su caudal, acrecentando su costo para la remoción de cierta turbidez y color del agua que es lo más afectado a simple vista.

El sistema de agua potable de la ciudad de Moyobamba, se encuentra abastecido exclusivamente a partir de fuentes superficiales, ubicadas en las cuencas que dominan la ciudad, lo que permite un funcionamiento íntegramente por gravedad, es decir que en su conjunto el sistema cuenta con: Captaciones, Planta de Tratamiento, tres tuberías de aducción y/o conducción que alimentan a la red de distribución, dos de las cuales provienen de la planta de tratamiento con sus respectivos Reservorios de regulación (Fuente quebrada Rumiyacu y Mishquiyacu) y el tercero, de la fuente quebrada de Almendra, la misma que sólo se capta, desinfecta y conduce a la red de distribución. Es importante mencionar que la Planta de Tratamiento es alimentada íntegramente por gravedad a partir de enero de 1999. (EPS-Moyobamba S.R.Ltda, 2016)

Hay algo muy importante que recalcar, la función del tratamiento de agua es producir agua potable de buena calidad para uso doméstico y para aplicaciones industriales. Recientemente la disponibilidad del agua se ha convertido en una problemática en muchas regiones donde no existen suficientes fuentes de agua de buena calidad. Al mismo tiempo la contaminación cada vez más seria de los ríos, lagos e incluso del agua subterránea hacen el tratamiento de agua potable un reto más difícil. (Toumas, 2000)

Se ha intentado potabilizar de la manera más económica y saludable, tanto para nosotros como para la naturaleza, pues a veces las utilizaciones de ciertos reactivos son eficientes con el agua poco costosos pero que afectan notablemente la naturaleza, es por ello que es un constante conversatorio o un dilema, pues encontrándonos inmersos en un medio poco avanzado, pero con grandes ideas estamos intentando contribuir con el desarrollo sostenible de la región.

Con los servicios que brinda la Empresa Prestadora de Servicios de Moyobamba, es que podemos identificar ciertos compuestos que son comúnmente utilizados en el proceso de potabilización pero que se dan a notar en la naturaleza al deshacernos de la gran

cantidad de acumulación de lodos que no son de gran ayuda y que perjudican el suelo al que es arrojado, sabiendo y poniendo de nuestra parte para la realización de muchas ideas como la del cambio de los reactivos químicos y costosos con la de aquellos que son naturales que poco o nada afectan la naturaleza y que en grandes cantidades pueda ser mucho más económica.

Conociendo los pro y contras del proceso de potabilización del agua de la ciudad de Moyobamba en la utilización de la quebrada Rumiyaqu para su abastecimiento de agua en la población es que brindamos un estudio sobre la posibilidad de remover la turbidez de esta sobre todo en meses de invierno donde se vuelve muy agresiva y turbia, por la cual muchas veces se tiene que captar por cierto tiempo y esto provoca un corte de agua en las viviendas, cosa que es un malestar para todos, siendo indispensable para todos.

- **Formulación del Problema**

“¿En qué medida se puede realizar el proceso de coagulación – floculación mediante la obtención de almidón de plátano (*Musa paradisiaca spp*) modificado, Moyobamba, 2017?”

- **Objetivos**

Objetivo General

- ✓ Obtener almidón de plátano (*Musa paradisiaca spp*, para su utilización en el tratamiento de potabilización de aguas. Moyobamba, 2017

Objetivos Específicos

- Obtener almidón de plátano nativo y realizar la transformación del mismo mediante modificación química.
- Evaluar los efectos sobre la turbidez, conductividad, pH, color, sólidos totales disueltos y alcalinidad en el tratamiento de potabilización de aguas empleando almidón nativo y almidón modificado del plátano (*musa paradisiaca spp*).
- Determinar la eficiencia entre el almidón nativo y modificado del plátano (*musa paradisiaca spp*) con el ácido acético, para demostrar su capacidad como coagulante- floculante, mediante análisis estadístico.

- **Justificación de la Investigación**

El proyecto de investigación se justifica por el hecho de ser conscientes que el agua es fuente de vida y líquido elemental para el hombre, pues garantiza tanto la subsistencia como el desarrollo de las diferentes y variadas actividades humanas. Y que hay ciertas entidades encargadas de hacerlas efectivas y aptas para nuestro consumo no debemos cerrarnos ante las ideas y los ciertos problemas a los cuales se puede enfrentar tal vez no todo el año pero si quizás en tiempos difíciles como es invierno donde hasta las pequeñas quebradas pueden provocar ciertos catástrofes y en cierta medida pueden acabar con las instalaciones de la planta de tratamiento, donde muchas veces vemos utilizar reactivos para la floculación y coagulación que en ciertas medidas de turbidez se tornan un tanto poco eficientes llegando a los hogares de manera poco estéticas en cuanto al color y la turbidez, a estos reactivos se le puede suplantarse la utilización de polímeros naturales que sirven de coagulantes y floculantes para las cantidades de agua con cierto grado de turbidez que puede llegar a tener el agua en ciertos meses del año.

La falta de agua potable en países en vía de desarrollo representa un problema cada día más grande a nivel mundial, por lo que es necesario buscar nuevas y eficientes alternativas que brinden la posibilidad de mejorar la calidad del agua para el consumo humano que sea de fácil acceso y consecución para las poblaciones marginales. Los procesos de coagulación y floculación permiten la remoción de partículas suspendidas y coloidales (turbidez).

Quizá como gran preocupación también a la manera que puede afectar estos reactivos a la salud humana pues se conoce que el aluminio es cancerígeno y puede provocar ciertas enfermedades como el Alzheimer, muy por lo contrario, si hablamos de polímeros naturales los cuales tenemos información que destaca en el Perú y en la región por su abundancia, su aprovechamiento sería de gran provecho. Este estudio aportará la descripción de los parámetros físicos, químicos y biológicos que permitirán explicar el comportamiento del polímero en cuanto a la turbidez que representa la quebrada Rumiyacu en momentos tempestivos y lluviosos de la ciudad de Moyobamba y la calidad del agua que puede ofrecer.

CAPÍTULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. Antecedentes de la Investigación

A. Internacionales

Trujillo et al. (2014), analizaron la remoción de turbiedad en agua proveniente de una fuente natural, mediante coagulación/floculación, usando almidón de plátano. Se planteó un diseño experimental factorial aleatorio de cuatro factores variables, a saber: pH, dosis de coagulante, velocidad de mezcla rápida y velocidad de mezcla lenta. Se realizaron pruebas de jarras, para determinar los valores óptimos de dichos factores. El almidón de plátano muestra ser adecuado como ayuda de floculación, aunque se presentó una sedimentación lenta. La mejor eficiencia de remoción de turbiedad se obtuvo para los siguientes valores de los factores: pH de 5, 50:50 porcentaje en peso de la combinación sulfato de aluminio/almidón de plátano, velocidad de mezcla rápida de 150rpm, velocidad de mezcla lenta de 20rpm.

Laines y Adams, (2008), en su artículo, realizado en México, probaron el potencial de coagulación-floculación de diversas mezclas formadas con proporciones variables de almidón de plátano, Sulfato de aluminio y arcillas. Para evaluar su efectividad de coagulación-floculación se emplearon muestras de lixiviado de un relleno sanitario regional, y se efectuaron testigos de coagulación mediante la aplicación de Sulfato de aluminio y Cloruro Férrico aplicados de manera convencional. Las mezclas con mayor proporción de almidón sin arcilla, fueron más efectivas para la remoción de color y turbiedad para los lixiviados tratados en este estudio. Las mezclas coagulantes que generan esta condición serían útiles de estudiar para su aplicación como un pretratamiento, previo a procesos de foto oxidación en lixiviados, dada la buena remoción de turbiedad y color demostrados.

Damián y Silva (2016), evaluaron la eficiencia de la clarificación obtenida con productos naturales comparada con productos comerciales de probada efectividad como el sulfato de aluminio. Los productos naturales fueron obtenidos del exoesqueleto de camarón y del desecho de plátano; una vez obtenidos los coagulantes se realizaron ensayos de jarras con diferentes dosificaciones en aguas superficiales

con contenido de turbiedad y color, Los resultados con los nuevos productos de coagulación-floculación son comparables a los obtenidos con el Sulfato de Aluminio, en general, todos los productos utilizados produjeron aguas con una calidad aceptable, desde el punto de vista fisicoquímico permitiendo una reducción de 99% de turbiedad y 96% de color, 68% de turbiedad y 62% de color, 85% de turbiedad y 75% de color, 68 de turbiedad y 61 de color respectivamente.

(Mantilla, 2013). Las últimas tendencias que han usado biopolímeros naturales como recurso en los tratamientos de purificación de aguas, como los derivados del almidón, de la celulosa y alginatos, en este estudio se realizaron “Extracción y modificación de almidón de plátano cuatro filos (*Musa Abb Del Subgrupo Silver Bluggoe*) para posible uso en el tratamiento de potabilización de aguas”.

Donde se extrajo el almidón nativo para su posterior modificación mediante el método de acetilación, con un rendimiento de 42,47%, y a partir de este 80% para almidón modificado. En el experimento se realizaron 60 corridas experimentales, y los análisis por duplicado. Las variables de respuesta fueron: turbidez, alcalinidad, pH, color y dureza. Y por consiguiente valores mínimos para color son de 15 UPC, y para turbiedad 2 UNT. En cuanto al olor y sabor durante el proceso de coagulación floculación, se pueden apreciar como aceptables. Las mejores muestras se evaluaron de acuerdo a los datos reportados por el color y la turbidez, teniendo en cuenta costo-beneficio, por lo cual para alumbre se eligió la muestra de 15 ppm, para almidón nativo también se eligió la muestra de 15ppm, a diferencia del almidón modificado en el cual se eligió la muestra de 25ppm.

B. Nacionales

Pompilio (2013), evaluó la posibilidad técnica y ambiental de utilizar floculantes naturales en la remoción de la turbidez de las aguas del Río Santa, la cual consiste en aplicar una serie de tratamientos y acondicionamientos que eliminen los sólidos, la turbidez y todos los agentes que produzcan un aspecto desagradable en el agua a través de agentes de origen natural; llamándose “Uso de floculantes de origen natural en el tratamiento del agua en términos de turbidez en el Río Santa – Huaraz”. Muestra sintética de color se obtienen resultados de remoción de grupos orgánicos de 200 unidades iniciales a 40 finales (remoción de 80%) en la escala Pt-Co con la aplicación

de 200 mg/L de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, 60 mg/L de cal hidratada (alcalinizante) y 3mg /L de coagulante natural presenta una remoción de color de 200 unidades iniciales a 35 finales (remoción de 82,5%) en la escala Pt-Co, siendo estas concentraciones las óptimas. En las muestras en las que se aplicó $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$. Coagulante natural la remoción de turbiedad fue de 97,3 %, iniciando con 150 mg/L y finalizando con 4 mg/L, con la aplicación 120 mg/L de sulfato de aluminio y 15 mg/L de coagulante natural, siendo estas las dosis óptimas determinadas con la prueba de jarras, aplicando coagulante natural solo, la remoción de turbiedad resultó en 58% habiendo iniciado con 150 mg/l y finalizando con 63 mg/l.

1.2. Bases Teóricas

1.2.1. El plátano

1.2.1.1. Historia del Plátano

El plátano o banano (*Musa Sapientum*), es originario del sureste de China e Indochina. De allí pasó a la India y se cree que fueron los ejércitos de Alejandro Magno quienes lo trajeron al Mediterráneo, donde se estableció su cultivo sobre el siglo VII. A Canarias llegó en el siglo XV procedente de Guinea, y desde el archipiélago, los conquistadores españoles lo llevaron a Santo Domingo y Jamaica para posteriormente extender su cultivo por el resto del Caribe, Centroamérica Sudamérica. Después retornó al continente africano y fue rebasando todas las fronteras hasta convertirse en el cuarto cultivo más importante del mundo, después del arroz, el trigo y el maíz. (Méndez, 2010).

Descripción

Musa paradisíaca es una planta herbácea descrita por primera vez por Linneo en el año 1753. Pertenece a la familia de las Musáceas. La taxonomía del género *Musa* es compleja e incluye híbridos que han originado denominaciones genéticas muy particulares, que suelen indicarse como *Musa x paradisíaca*. El plátano se designa como *Musa paradisíaca* variedad Hartón, y existen los plátanos congo, guayabo, cuarenton y dominico. (Hernández y Vit, 2009)

Hoyos (como se citó en Hernández y Vit, 2009) afirma que el pseudotallo del plátano mide 2-5 m, y su altura puede alcanzar 8 m con las hojas. Es una planta estolonífera, con hojas erguidas, oblongas de 1 a 2 m de largo por 30-55 cm de ancho, redondeadas en el ápice y en la base, cara superior verde claro y con envés más tenue. Su inflorescencia colgante mide de 1 a 1,5 m, con brácteas violáceas de 15 a 30 cm de largo, persistentes o caducos, oblongo-lanceolado u ovoides, flores blancas o cremosas de 3 a 5 cm de largo. Los frutos son bayas falsas sin semillas, cilíndricos distribuidos en manos de racimos con 30-70 plátanos que miden 20-40 cm de largo y 4-7 cm de diámetro.

Propiedades Nutritivas

La pulpa de plátano contiene diversas propiedades, como lo han demostrado estudios realizados sobre este. De manera general, la pulpa de plátano es una excelente fuente de potasio. El potasio se puede encontrar en una variedad de frutas, verduras o incluso carnes, sin embargo, un solo plátano puede proporcionar hasta el 23% de potasio que se necesita al día. El potasio beneficia a los músculos, ya que ayuda a mantener su buen funcionamiento y evita los espasmos musculares. Además, estudios recientes muestran que el potasio puede ayudar a disminuir la presión arterial y también reduce el riesgo de accidentes cerebrovasculares. El plátano es rico en vitaminas A, B6, C y D, dando beneficios especialmente a los huesos y músculos del cuerpo humano. Ya que uno solo de estos frutos contiene el 41% del requerimiento necesario de vitamina B6 al día, estudios recientes han comprobado que el consumo de plátano ayuda a mejorar el humor para personas con depresión y síndrome pre-menstrual debido a su alto contenido de vitaminas, específicamente la vitamina B6. En estado inmaduro, el plátano posee una alta concentración de almidón (70%) a comparación de la fruta en estado maduro. Este almidón se degrada a una pequeña porción de monosacáridos mientras que el resto del almidón se degrada a sacarosa. El almidón es un polímero importante de origen natural con diversas aplicaciones en la ciencia de los alimentos y polímeros, la

industria moderna de alimentos está aumentando la demanda del mismo por lo que se ha generado un interés por identificar nuevas fuentes de este polisacárido. (Blasco y Gómez, 2014)

Tabla 1:

Composición del plátano maduro

Composición proximal /100 g	
Agua	74,20
Energía (kcal)	92,00
Grasa	0,48
Proteína	1,03
Carbohidratos	23,43
Fibra	2,40
MINERALES	
Potasio (mg)	396
Fósforo	20
Hierro	0,31
Sodio	1
Magnesio	29
Calcio	6
Zinc	0,16
Selenio (mg)	1,1
VITAMINAS	
Vitamina C (mg)	9,1
Vitamina A(I.U.)	81
Vitamina B1 (mg)	0,045
Vitamina B2 (mg)	0,10
Vitamina E(mg)	0,27
Niacina (mg)	0,54

Fuente: (Hernández y Vit, 2009)

Factores ambientales para el cultivo de plátano

Según Solís (2007), afirma que los requerimientos para producir el plátano son los siguientes:

- **Requerimientos climáticos**

Latitud

Las mejores condiciones para el cultivo del plátano se sitúan entre los 15° de Latitud Norte y Sur del ecuador, existen plantaciones comerciales muy rentables a latitudes cercanas a los 30° de latitud. (Solís, 2007)

Altitud

La altitud de 0-1700 msnm localizándose las principales plantaciones comerciales debajo de los 500 msnm observando que a mayor altitud el ciclo vegetativo se retrasa un mes por cada 100 m de altitud. (Solís, 2007)

Temperatura

La temperatura es sin duda el principal responsable del desarrollo y crecimiento de esta planta, por ello no es extraño que con la puesta de invernaderos apropiados se haya extendido el cultivo comercial de esta especie a zonas subtropicales de mayor latitud como: Marruecos, Creta, Corea, Canarias e Israel. El rango de temperatura para las plantaciones es entre 18 y 24° C, con un óptimo de 28° C. Para una óptima emisión de hojas se requiere de una temperatura diurna-nocturna de 33/26° C y de 25/18° C para la producción de materia seca, de 21-25° C para la producción de hidratos de carbono. La disminución del crecimiento (puede ser por bajas temperaturas o sequía) presentando clorosis y obstrucción foliar y/o floral, típicos del invierno en las regiones subtropicales. En estos casos se reduce notablemente el crecimiento de las vainas foliares y se disminuye la distancia de los entrenudos, pudiendo quedar retenidos en el interior del seudotallo los extremos de varias vainas foliares. Si el fenómeno se presenta en periodo de prefloración se obstruye la emergencia del

racimo que tendrá que vencer la resistencia acumulada de todos los pecíolos apretados. Se pueden originar así fenómenos tales como torsión del verdadero tallo sobre sí mismo, y ruptura del seudotallo por debajo del punto normal de emergencia. En los casos extremos es necesario ayudar a la salida de la inflorescencia por medio de un corte que el agricultor llama cesárea. (Solís, 2007)

A temperaturas más bajas, a partir de 5-6° C la pérdida de turgencia de la planta y la clorosis de los limbos es muy generalizada produciéndose la muerte de las hojas, si la duración del frío es muy prolongada. El crecimiento se paraliza de forma total a los 0° C produciéndose la pérdida del sistema foliar, las yemas del rizoma siguen aptas para su desarrollo cuando las condiciones de temperatura vuelven a ser idóneas. Los daños en los frutos por bajas temperaturas son ablandamiento desigual de la pulpa en la maduración, disminución de la vida de anaquel, por debajo de 9° C coagulación del látex del pericarpio con la consiguiente pérdida de su capacidad de maduración. (Solís, 2007)

Precipitación

El estado hídrico de la planta se considera como el segundo factor responsable del crecimiento y desarrollo de la planta, la precipitación mensual requerida es de 150 a 200 mm por mes para que el cultivo sea rentable. (Solís, 2007)

Luz

La iluminación es poco importante sobre todo en condiciones y densidades normales de cultivos, aunque una débil insolación unida a un exceso de agua se hace más lento el desarrollo y el crecimiento (se consideran como mínimo para la obtención de una cosecha rentable 1 500 horas luz por año) que son fáciles de obtener en regiones subtropicales incluso bajo invernadero. (Solís, 2007).

Viento

Los vientos de poca intensidad hasta de 20-30 km/h, ocasionan

laceraciones en los limbos, originando una pérdida de superficie foliar activa; los cultivares adaptados a los subtrópicos toleran velocidades del viento hasta de 40 km/h. (Solís, 2007)

Humedad Relativa

La humedad relativa elevada en floración esta positivamente relacionada con la disminución del número de pistilos no persistentes, lo que puede originar problemas de una mayor incidencia de ataque de hongos en la extremidad de los dedos. Las granizadas producidas en ocasiones en climas subtropicales, particularmente para las plantaciones en fase reproductiva, incluso 4 hojas antes de la emergencia del racimo son consideradas muy dañinas. (Solís, 2007)

- **Requerimientos edáficos**

La planta puede ser cultivada desde suelos muy arenosos a muy arcillosos. Aunque en los primeros es preciso regar más frecuentemente o bien utilizar acolchado para retener agua y los segundos (con arcilla menor al 40 %) pueden tener problemas de drenaje y cuando es deficiente es recomendable hacer la plantación entre 50 cm. de ancho por 100 cm. de profundidad para drenar los excesos de humedad y así permitir una buena aireación. La profundidad del suelo no debe ser menor de 0.80 a 1.20 m, aunque del 80-90 % de sus raíces se localizan den los primeros 30 cm. Con un elevado contenido de materia organiza (>2.5 %), humus, potasio y magnesio considerándose suficiente 200-300 mg de potasio/Kg de suelo; la relación K/Mg debe estar de 0,25 en suelos arenosos y de 0,5 en suelos más pesados y de conductividad eléctrica hasta de 7 mmhos; y un pH entre 6 y 7,5. (Solís, 2007)

1.2.2. Almidón

El almidón es una de las fuentes de energía con mayor proporción, siendo este de origen natural y obtenido de diferentes plantas. (**Guadrón, 2013**).

Químicamente es denominado como un “polímero de glucosa presente en forma granular en determinadas especies vegetales, sobre todo en semillas (por ejemplo: de cereales, legumbres, maíz, trigo, arroz, frijoles, guisantes) y tubérculos (por ejemplo, yuca y papa). El polímero consta de unidades de anhidro- α -Dglucosa unidas. El almidón natural se separa mediante procesos específicos para cada materia prima.” (Codex Alimentarius, 1995).

Componentes del Almidón

Según Guadrón (2013), afirma que el almidón está constituido por dos compuestos de diferente estructura:

Amilosa y amilopectina

En su definición se aclara que son polímeros es decir macromoléculas que están formadas por muchas moléculas de glucosa $(C_6H_{10}O_5)_n$. Estas macromoléculas se encuentran bajo dos formas una lineal que es la amilosa la más pequeña y otra ramificada que es la amilopectina (véase la Figura 1 y Figura 2). Es decir, el almidón no es solo un polisacárido, más bien es la mezcla de dos. El contenido de amilosa y amilopectina depende de la especie proveniente como se muestra en la Tabla n°02. Como se puede observar en la Figura 1 y 2 la amilosa es una cadena lineal, aunque se dice que algunas veces se comporta como la amilopectina, debido a moléculas que se modifican. El peso molecular de esta estructura oscila de una orden de un millón y su porcentaje en almidones se encuentra entre 15% y 20%, su estructura es helicoidal no ramificada, responsable del color que adquiere con el yodo (coloración azul). (Guadrón, 2013)

Tabla 2:

Porcentajes de amilosa y amilopectina

	Contenido de amilosa	Contenido de amilopectina
Almidón de papa	20%	80%
Almidón de maíz	24%	76%
Almidón de trigo	25%	75%
Almidón de tapioca	16%	84%
Almidón de arroz	19%	81%

Fuente: **Repamar (2000)**.

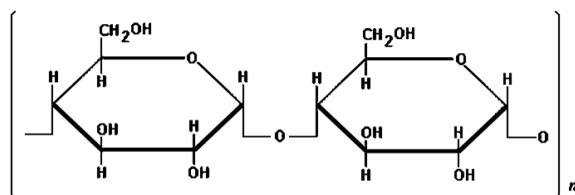


Figura 1: Estructura de amilosa, (Fuente: Repamar 2000).

La Figura 2 corresponde a la amilopectina que se encuentra entre un 80 y 85% en el almidón, consiste en cadenas bien ramificadas apareciendo cantidades elevadas de glucosas, dando como resultado un peso molecular entre 10 millones y 500 millones. Estas cadenas son las responsables de coloración roja en presencia de yodo porque no se enrollan efectivamente. (Guadrón, 2013)

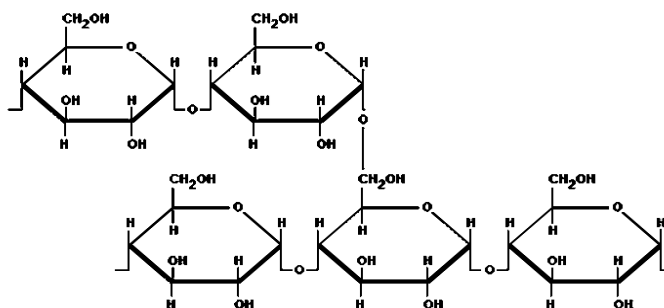


Figura 2: Estructura de la amilopectina. (Fuente: Repamar 2000).

El almidón modificado

Son aquellos que son degradados intencionalmente por la acción de agentes oxidantes, ácidos o enzimas; esto se realiza para obtener almidones con características mejoradas y evitar procesamiento o el uso de otros componentes en la industria. Entre estos podemos mencionar los almidones esterificados o eterificados; y algunos que son identificados como aditivos según el Codex Alimentarius, 1995.

- Almidón acetilado oxidado (1451)
- Almidón blanqueado (1403)

- Almidones tratados con enzimas (1405)
- Almidón hidroxipropílico (1440)
- Almidón oxidado (1404)
- Almidón tratado con álcalis (1402)
- Almidón tratado con ácido (1401)

Estas modificaciones en el almidón permiten obtener soluciones muy estables y de baja viscosidad. En los acabados es muy aconsejable utilizar éteres o ésteres de almidón por su fácil manejo que permite dosificarlo en forma sencilla para obtener la mano deseada. (Codex Alimentarius, 1995).

1.2.3. Características del agua

Características físicas

Turbiedad La turbidez depende de los materiales en suspensión en la columna de agua (como sedimentos, microorganismos, jabón), que atenúan y absorben la luz incidente. No podrá realizarse la determinación directa de la turbidez, ya que no se dispone de un turbidímetro. (Red Mapsa, 2007).

Color

El color del agua dependerá tanto de las sustancias que se encuentren disueltas, como de las partículas que se encuentren en suspensión. Se clasifica como “color verdadero” al que depende solamente el agua y sustancias disueltas, mientras el “aparente” es el que incluye las partículas en suspensión (que a su vez generan turbidez). El color aparente es entonces el de la muestra tal como la obtenemos en el sistema a estudiar. Para determinar el color verdadero, sería necesario filtrarla para eliminar todas las partículas suspendidas. (Red Mapsa, 2007).

Sólidos Totales Disueltos

Sólidos disueltos totales TDS por sus siglas en inglés (Total Dissolved Solids) son la cantidad total de iones móviles cargados (positivos y negativos),

incluyendo minerales, sales o metales disueltos en un volumen determinado de agua, expresada en unidades de mg por unidad de volumen de agua (mg / L), también conocidos como partes por millón (ppm). TDS está directamente relacionada con la pureza del agua y la calidad de los sistemas de purificación de agua y afecta a todo lo que consume, vive o utiliza el agua, ya sea orgánico o inorgánico, ya sea para bien o para mal. Sólidos disueltos se refieren a las materias minerales, sales, metales, cationes o aniones disueltos en agua. Esto incluye cualquier cosa presente en el agua que no sea el agua pura (H_2O) molécula y sólidos en suspensión. (Sólidos en suspensión son las partículas / sustancias que no se disuelven ni se establecieron en el agua). En general, la concentración total de sólidos disueltos es la suma de los cationes (con carga positiva) y aniones (cargados negativamente) en el agua. (Aqualite, 2013).

Características químicas

pH

Un agua pura disuelve con facilidad sólo aquellos minerales solubles como los de tipo salino o los sulfatos. En la mayoría de los casos, sin embargo, la solubilidad de un mineral se incrementa considerablemente en presencia de ácidos; por ejemplo, en un litro de agua a 25 °C, sólo se disuelven 12 mg de calcita. En presencia de un ácido fuerte, sin embargo, la solubilidad aumenta de 25 000 a 30 000 veces. La medida del grado de acidez del agua es el pH, el cual se define como el logaritmo inverso de la actividad del ion hidrógeno o hidronio (H^+ o H_3O^+), que resulta de la ionización de un ácido cualquiera; se expresa en moles por litro, aunque al medirse en equipos electrónicos con electrodos de referencia, la acidez se expresa en unidades de pH, por lo general entre 0 y 14, esta se calcula de la manera siguiente:

$$pH = - \log (H^+)$$

Aunque el agua pura está constituida fundamentalmente por moléculas de H_2O , una pequeña porción de la misma se compone de H^+ y OH^- . Esta proporción está controlada por la reacción de disolución: $H_2O = H^+ + OH^-$ la cual para una temperatura dada se encuentra en equilibrio dinámico. En el agua pura (H^+) = (OH^-) = 10^{-7} , por lo que teóricamente su pH debe ser 7. En la realidad, a causa

de que ésta se encuentra en contacto con la atmósfera, es capaz de disolver CO_2 y adquirir un pH inferior a ese valor. El valor del pH de muchas aguas naturales que interactúan con los minerales varía en un estrecho intervalo, por lo general entre 6 y 9, lo cual entre otras causas se debe a la gran distribución de las rocas carbonatadas y al carácter ácido-básico de las mismas, a través del sistema de equilibrios químicos que se establecen entre CO_2 , HCO_3^- y CO_3^{2-} . (Suárez, 1998).

Algunos manantiales calientes de origen volcánico poseen una elevada acidez, por la presencia de ácido clorhídrico (HCl) y dióxido de sílice (SiO_2). Los ácidos libres también pueden pasar al agua como resultado del vertimiento de aguas residuales. El agua de las precipitaciones al pasar por la zona del suelo, donde es abundante el CO_2 , adquiere un pH relativamente bajo, del orden de 4,5. Luego por interacción con las rocas carbonatadas éste tiende a elevarse hasta cerca de 7. Cuando esta interacción se produce durante un tiempo prolongado el agua incrementa su contenido de iones HCO_3^- y adquiere además iones CO_3^{2-} . En esas condiciones el pH puede alcanzar un valor cercano a 8,4. Por lo general, en los arroyos y ríos de las regiones húmedas no cársticas el pH varía entre 5 y 6,5; mientras que en las regiones cársticas húmedas este valor suele estar comprendido entre 7 y 8. Las aguas marinas tienden a poseer un pH cercano a 8. Las aguas minerales pueden poseer valores de pH ácidos, neutros o básicos de acuerdo a las características hidrogeológicas presentes. (Suárez, 1998).

Alcalinidad

Se define como la capacidad del agua de neutralizar ácidos. Se debe primordialmente a las sales de ácidos débiles tales como carbonatos, bicarbonatos, boratos, silicatos y fosfatos, y unos ácidos orgánicos que son muy resistentes a la oxidación biológica (ácidos húmicos) y llegan a formar sales que contribuyen a la alcalinidad total. (Pérez, 2010).

En aguas naturales la alcalinidad debida a la presencia de iones hidroxilo, carbonatos y bicarbonatos, es tan alta en comparación con el resto de compuestos, que éstos son tomados como base para el cálculo de la alcalinidad total. (Pérez, 2010).

Conductividad

La conductividad de una muestra de agua es una medida de la capacidad para transportar una corriente eléctrica, varía con el tipo y cantidad de iones que contenga y depende de la temperatura una solución 0,01 N de KCl tiene conductividad de 1211 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 25 °C. (Pérez, 2010).

1.2.4. Coagulación y Floculación

Se llama coagulación-floculación al proceso por el cual las partículas se aglutinan en pequeñas masas con peso específico superior al del agua llamadas floc. Dicho proceso se usa para:

- Remoción de turbiedad orgánica o inorgánica que no puede sedimentar rápidamente.
- Remoción de color verdadero y aparente.
- Eliminación de bacterias, virus y organismos patógenos susceptibles de ser separados por coagulación.
- Destrucción de algas y plancton en general.
- Eliminación de sustancias productoras de sabor y olor en algunos casos y de precipitados químicos suspendidos o compuestos orgánicos en otros.

El uso de cualquier otro proceso, como la sedimentación simple, para la remoción de partículas muy finas, resulta antieconómico, si no imposible. Hay que distinguir dos aspectos fundamentales en la coagulación-floculación del agua:

- La desestabilización de las partículas suspendidas, o sea la remoción de las fuerzas que las mantienen separadas.
- El transporte de ellas dentro del líquido para que hagan contacto, generalmente estableciendo puentes entre sí, y formando una malla tridimensional de coágulos porosos.

Al primer aspecto los autores suelen referirse como a coagulación y al segundo como a floculación (Arboleda, 2000).

Coagulación

La coagulación comienza en el mismo instante en que se agregan los coagulantes al agua y dura solamente fracciones de segundo. Básicamente consiste en una serie de reacciones físicas y químicas entre los coagulantes, la superficie de las partículas, la alcalinidad del agua y el agua misma. (Arboleda, 2000).

Floculación

Es el fenómeno por el cual las partículas ya desestabilizadas chocan unas con otras para formar coágulos mayores. Tres mecanismos pueden actuar en el primer fenómeno: el de adsorción desestabilización basado en las fuerzas electrostáticas de atracción y repulsión, el del puente químico que establece una relación de dependencia entre las fuerzas químicas y la superficie de los coloides, y el de sobresaturación de la concentración de coagulantes en el agua. En el segundo aspecto debe distinguirse entre: Floculación ortocinética y pericinetica, o con escala de turbulencia por encima o por debajo de la microescala de Kolmogoroff h . La primera es la inducida por la energía comunicada al líquido por fuerzas externas (paletas giratorias, por ejemplo). La segunda es la promovida, internamente dentro del líquido, por el movimiento de agitación que las partículas tienen dentro de aquél (movimiento browniano), y se realiza en un tiempo muy corto después de estabilizada la partícula hasta que la partícula tiene un tamaño que se acerca a la microescala de Kolmogoroff h . En las plantas de tratamiento la floculación es tanto pericinetica como ortocinética. (Arboleda, 2000).

Partículas en Suspensión

Las partículas en suspensión de una fuente de agua superficial provienen de la erosión de suelos, de la disolución de sustancias minerales y de la descomposición de sustancias orgánicas. A este aporte natural se debe adicionar las descargas de desagües domésticos, industriales y agrícolas. En general la turbiedad del agua es causada por las partículas de materias inorgánicas (arcillas, partículas de lo), en tanto que el color está formado por las partículas de materias orgánicas e hidróxidos de metal (hierro, por ejemplo). (Andía, 2000).

Los Coloides son suspensiones estables, por lo que es imposible su sedimentación natural, son sustancias responsables de la turbiedad y del color del agua.

Los sistemas coloidales presentan una superficie de contacto inmensa entre la fase sólida y la fase líquida, por ejemplo 1 cubo de 1 cm³, tiene una superficie total de 6 cm²; si está dividido en pequeños cubos elementales, la superficie total de todos aquellos es mucho más grande. (Andía, 2000).

Afinidad de las Partículas Coloidales por el Agua

Las partículas coloidales se caracterizan por ser hidrofílicos (tienen afinidad por el agua) e hidrófobos (es decir que rechazan al agua), los primeros se dispersan espontáneamente dentro del agua y son rodeados de moléculas de agua que previenen todo contacto posterior entre estas partículas; las partículas hidrofóbicas no son rodeados de moléculas de agua, su dispersión dentro del agua no es espontáneo por lo que requiere de la ayuda de medios químicos y físicos. (Andía, 2000).

Las partículas hidrófobas son en general partículas de materias inorgánicas mientras que las hidrofílicas son materias orgánicas; en realidad solo un poco son las partículas que son exclusivamente hidrofílicas o hidrofóbicas; se obtienen más bien partículas hidratadas a los diferentes grados. (Andía, 2000).

La carga eléctrica y la capa de agua que rodean las partículas hidrófilas tienden a desplazar las partículas unas de otras y, en consecuencia, los estabiliza dentro de la solución. (Andía, 2000).

Coagulantes

Los coagulantes los podemos clasificar en dos grupos: Los polielectrolitos o ayudantes de coagulación y los coagulantes metálicos. Ambos grupos básicamente actúan como polímeros además de la carga eléctrica que poseen. (Arboleda, 2000).

En los polímeros, las cadenas poliméricas están ya formadas cuando se los agrega al agua. En los segundos, la polimerización se inicia cuando se pone el coagulante en el agua, después de lo cual viene la etapa de adsorción por los coloides presentes en la fase acuosa. (Arboleda, 2000).

Es, sin embargo, necesario observar que la velocidad de sedimentación de las partículas coaguladas no depende en forma exclusiva de los coagulantes usados sino del peso de las partículas que se trata de sedimentar. (Arboleda, 2000).

- Sulfato de Aluminio (Alumbre)

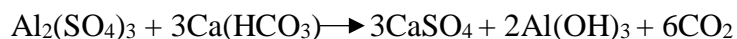
Según Sánchez 2007, el sulfato de aluminio es un producto que, tanto en su forma sólida como en disolución, se produce a partir de un mineral rico en aluminio (como puede ser la bauxita, caolín, arcilla o bien hidratos de aluminio) que es atacado por el ácido sulfúrico, según la reacción:



Al evaporar el exceso de agua se obtiene el producto comercial seco, cuya fórmula es $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14 \text{H}_2\text{O}$, que posterior y convenientemente molido proporciona un producto con una granulometría idónea, según exigencias del mercado. (Sánchez, 2007)

Tras ajustar la disolución acuosa, se obtiene el producto comercial líquido, con una concentración del 48,5 % del sólido anterior. Respecto a sus propiedades físicas y químicas, el sulfato de aluminio puede presentarse en forma de sólido hidratado, con distintos tamaños de partícula (tipo arroz, nuez, granulado, etc.) de color blanco. El aspecto de la solución líquida, el olor es inapreciable. (Sánchez, 2007)

La solubilidad del sulfato de aluminio es completa en agua (a 20 °C), siendo el límite teórico a 15 °C, para el sólido (170 g Al_2O_3 /kg), de 410 g de sólido/kg de solución. Su temperatura de ebullición es de 120 °C a 1 bar de presión y su temperatura de descomposición es a 650°C. La reacción teórica que se produce al poner en contacto el sulfato de aluminio con agua, es de un modo simplificado la siguiente:



Proceso de coagulación

El proceso de coagulación/floculación (CF) se usa generalmente para remover sólidos suspendidos del agua, ya sea agua que se someterá a proceso de potabilización o agua residual. Las ayudas de coagulación/floculación, más comunes son: alumbre, cloruro férrico y polímeros de cadena larga. La coagulación consiste en reducir la carga eléctrica de las partículas suspendidas. Las partículas de aguas residuales generalmente están cargadas negativamente. Las cargas eléctricas similares generan fuerzas de repulsión que promueven la suspensión de las partículas. El proceso de coagulación reduce la carga negativa, contribuyendo a la agregación de partículas para formar microfloculos. La floculación consiste en la agregación de partículas para formar floculos más grandes. La sedimentación comprende la precipitación de sólidos, incluyendo los sólidos debidos a la contaminación y los sólidos generados por los químicos. La floculación depende de la temperatura y el pH del agua. (Trujillo, et al., 2014).

1.2.5. Marco geográfico:

La ciudad de Moyobamba, capital del dpto. de San Martín, se encuentra ubicado en la margen derecha del Río Mayo en el área denominada Valle del Alto Mayo, comprendida en el cuadrante determinado por las paralelas 9.330.900 N, 9.334.800 N y los meridianos 279.400 E, 283.200 E.

Para mayor referencia debemos indicar que el Departamento de San Martín, está ubicado en la parte Nor-Oriental de la República del Perú, en la zona denominada ceja de selva ó selva alta.- limita por el Norte con los dptos. de Loreto y Amazonas, por el Sur con Huánuco, por el Oeste con la Libertad y por el Este con el Dpto. de Loreto. (EPS-Moyobamba S.R.Ltda, 2016)

Extensión Territorial, Altitud, Topografía, Clima, Precipitación y Evaporación

El distrito de Moyobamba, tiene una extensión territorial de 3.772,31 Km², la ciudad de Moyobamba, se encuentra a 860 msnm, presenta una topografía plana

rodeada de barrancos y su suelo está conformado predominantemente por arcilla, arena, limoso, de muy poca capacidad portante, presenta extensiones de terreno crítico, considerados como inhabitables, dada su condición de inestabilidad geológica, en razón de que el Valle del Alto Mayo se encuentra entre las dos fallas geológicas existentes en esta zona, como son las de Angaiza y Pucatambo. El clima en general es cálido y húmedo, con una temperatura promedio mensual de 23,26 °C, siendo la temperatura máxima promedio mensual de 28,04 °C, y la temperatura mínima promedio mensual de 18,47°C. La humedad relativa promedio mensual es del 83,39 %, siendo la máxima 94,73 % y la mínima 73,10 %.

La precipitación Pluvial promedio mensual es de 1.304,29 mm, siendo la máxima de 1.617,10 mm y la mínima de 801,00 mm. La evaporación promedio mensual es de 41,2 mm, siendo la máxima de 556,9 mm y la mínima de 263,7 mm. (EPS-Moyobamba S.R.Ltda, 2016)

Fuentes de Agua

Quebrada Rumiyaçu

La microcuenca Rumiyaçu, se ubica entre 944 y 1.620 msnm en la margen derecha del Río Mayo, jurisdicción del Distrito de Moyobamba, Provincia de Moyobamba, Departamento de San Martín. La microcuenca Rumiyaçu comprende un área de 552,4 hectáreas, la longitud de la quebrada Rumiyaçu es de 3.861,33 metros, estos datos están calculados hasta la bocatoma que existe en la quebrada.

Conforma el sub – sistema más importantes de captación, las aguas de esta quebrada son superficiales, las mismas que luego de ser captadas en su cauce, el caudal de la línea de conducción es incrementada a la altura del sector Baños Termales de San Mateo, por una pequeña quebrada adyacente y por cinco pequeños ojos de agua, los mismos que son captados, reunidos e incorporados mediante una caja, conformando todas estas la principal fuente del sistema de abastecimiento de agua. (EPS-Moyobamba S.R.Ltda, 2016)

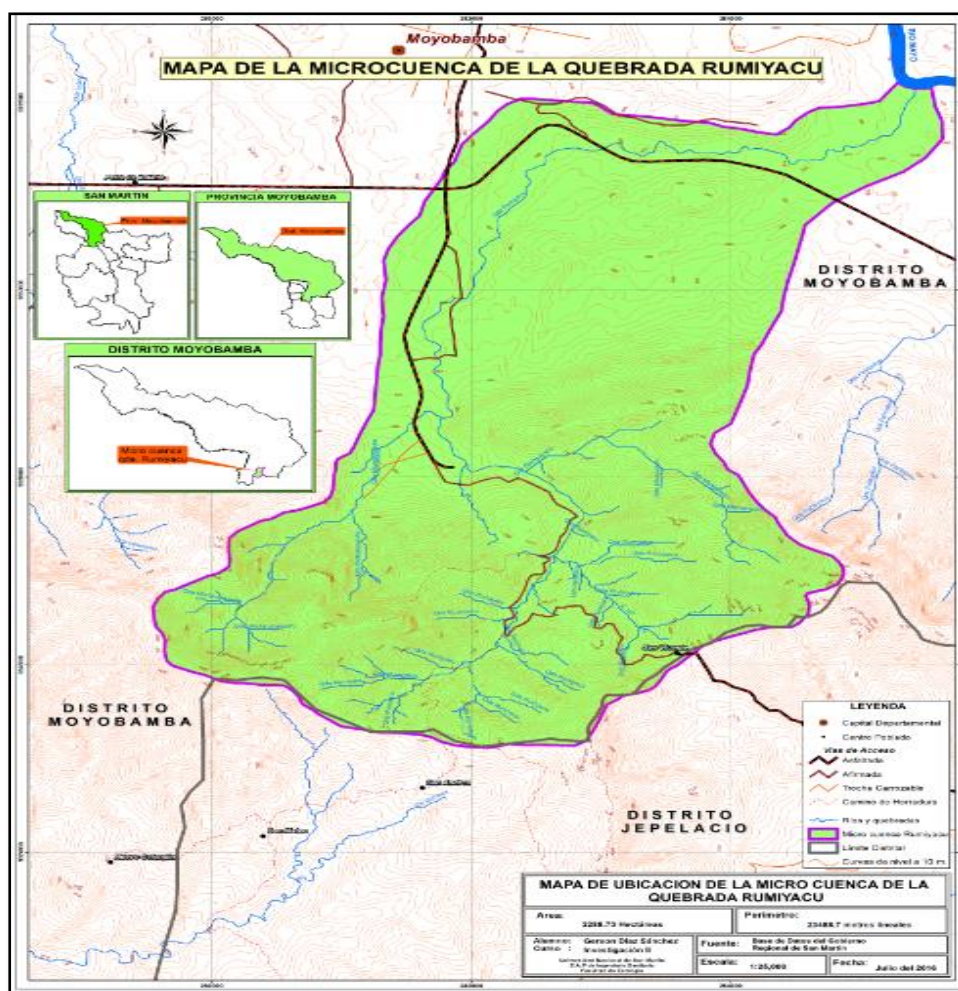


Figura 3: Ubicación geográfica de la zona de estudio. (Fuente: PEAM – 2010)

1.2.6. Marco legal:

Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias

DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM

La presente norma tiene por objeto compilar las disposiciones aprobadas mediante el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, el Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM y el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM, que aprueban los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, quedando sujetos a lo

establecido en el presente Decreto Supremo y el Anexo que forma parte integrante del mismo.

Clasificación de aguas según su uso:

Tabla 3:

Categoría y sub- categoría de los ECAs

CATEGORÍA 1: POBLACIONAL Y RECREACIONAL				
Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable			Aguas superficiales destinadas para recreación	
A1	A2	A3	B1	B2
Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado	Contacto primario	Contacto secundario

Fuente: Estándares de Calidad Ambiental para el Agua- MINAM (2017)

Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA.

Artículo 1°: De la finalidad

El presente Reglamento establece las disposiciones generales con relación a la gestión de la calidad del agua para consumo humano, con la finalidad de garantizar su inocuidad, prevenir los factores de riesgos sanitarios, así como proteger y promover la salud y bienestar de la población.

Tabla 4:

Límites Máximos Permisibles de calidad organoléptica

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Olor	---	Aceptable
2. Sabor	---	Aceptable
3. Color	UCV escala Pt/Co	15
4. Turbiedad	UNT	5
5. pH	Valor de pH	6,5 a 8,5
6. Conductividad (25°C)	µmho/cm	1 500
7. Sólidos totales disueltos	mgL ⁻¹	1 000
8. Cloruros	mg Cl ⁻ L ⁻¹	250
9. Sulfatos	mg SO ₄ ⁼ L ⁻¹	250
10. Dureza total	mg CaCO ₃ L ⁻¹	500
11. Amoníaco	mg N L ⁻¹	1,5
12. Hierro	mg Fe L ⁻¹	0,3
13. Manganeseo	mg Mn L ⁻¹	0,4
14. Aluminio	mg Al L ⁻¹	0,2
15. Cobre	mg Cu L ⁻¹	2,0
16. Zinc	mg Zn L ⁻¹	3,0
17. Sodio	mg Na L ⁻¹	200

Fuente: Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano – MINAM (2010)

1.3. Definición de términos básicos

Agua: El agua es un recurso natural renovable, indispensable para la vida, vulnerable y estratégico para el desarrollo sostenible, el mantenimiento de los sistemas y ciclos naturales que la sustentan, y la seguridad de la Nación. (Reglamento de la calidad de agua para consumo humano, 2010)

Alcalinidad: La alcalinidad significa la capacidad tapón del agua; la capacidad del agua de neutralizar. Evitar que los niveles de pH del agua lleguen a ser demasiado básico o ácido. (Reglamento de la calidad de agua para consumo humano, 2010)

Estándar de Calidad Ambiental (ECA): Estándar ambiental que regula el nivel de concentración o el grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente. (Reglamento de la calidad de agua para consumo humano, 2010)

Flóculos: Grumo de materia orgánica formado por agregación de sólidos en suspensión. (Reglamento de la calidad de agua para consumo humano, 2010)

CAPITULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Sistema de Hipótesis

En nuestra investigación hemos planteamos la siguiente hipótesis:

H1: La obtención de almidón de plátano (*Musa paradisiaca spp*) modificado, permite determinar significativamente su influencia en el proceso de coagulación-floculación.

Consecuentemente planteándonos la hipótesis nula:

H0: La obtención de almidón de plátano (*Musa paradisiaca spp*) modificado, no permitirá determinar significativamente su influencia en el proceso de coagulación-floculación.

2.2. Sistema de variables

V1: Variable Dependiente obtención de almidón de plátano (*Musa paradisiaca ssp*) modificado.

V2: Variable Independiente coagulación- floculación del agua.

2.3. Tipo y nivel de investigación

- De acuerdo a la orientación:

Aplicada

- De acuerdo a la técnica de contrastación:

Experimental – Explicativa

2.4. Diseño de investigación

Para el diseño de contrastación de la hipótesis se empleará el diseño pretest-posttest de un solo grupo. En este diseño se efectúa una observación antes de introducir la variable independiente (O1) y otra después de su aplicación (O2). Por lo general las observaciones se obtienen a través de la aplicación de una prueba u observación

directa, cuyo nombre asignado depende del momento de aplicación. Si la prueba se administrará antes de la introducción de la variable independiente se le denomina pre test y si se administra después que entonces se llama pos test; se tomará muestras de agua antes y después de la utilización del almidón de plátano modificado con el anhídrido acético y otros compuestos que se utilizaran para los resultados respectivos, en cuanto a los parámetros físicos del agua ya establecidos anteriormente.

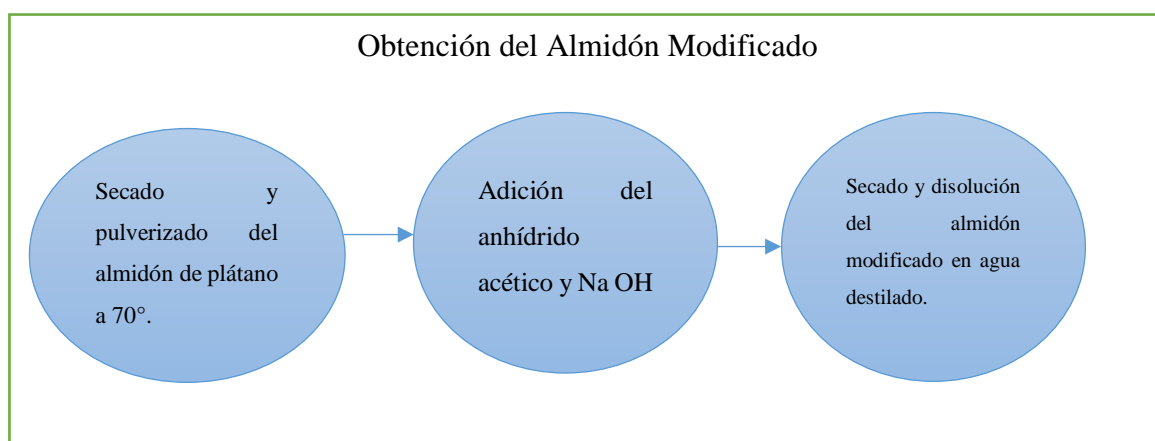


Figura 4: Diagrama de diseño 01. (Fuente: Elaboración propia).



Figura 5: Diagrama de diseño 02.

O1: obtención de almidón de plátano (*Musa paradisiaca spp*) modificado.

O2: coagulación- floculación de aguas de la quebrada Rumiyacu.

2.5. Población y Muestra

- **Población** : Comprende el volumen total de agua turbia de la quebrada Rumiyacu.
- **Muestra** : Cantidad de agua necesaria para los análisis 24 litros aproximadamente para el muestreo; que será realizado a nivel de laboratorio.

2.6. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

Búsqueda de información

Se ha utilizado una laptop para la búsqueda de información y el consumo de 30 horas de internet, sobre los temas:

- El estudio del plátano y las propiedades del almidón en la zona.
- Producción de almidón nativo y modificado.
- Se ha recalcado el estudio de coagulación y floculación en el tratamiento de agua.
- En todos los libros nacionales e internacionales.
- Todos los artículos científicos publicadas en revistas reconocidas a nivel nacional e internacional.
- Anteriores proyectos de investigación.

Se ha realizado la compra de materiales de oficina, los mismos que serán utilizados en la toma de apuntes, impresiones y copias durante todo el desarrollo del proyecto.

Determinación de los Puntos de Muestreo.

Punto de muestreo fue en la quebrada Rumiyacu antes de llegar a la Empresa Prestadora de Servicio de la ciudad de Moyobamba, agua turbia sin tratamiento convencional por parte de la EPS donde la turbidez varía llegando hasta los niveles más altos de UNT en época de lluvia.

- Se ha alquilado un GPS, para determinado el lugar de donde se recogerá la muestra, con la ayuda de un GPS, (coordenadas geográficas DATUM WGS84).
- Salida a la fuente de Rumiyacu, para la ubicación de puntos.
- Definición y ubicación de la zona de estudio.
- Recolección de un mapa de ubicación de la quebrada.

Toma de muestras

La toma de muestras se realizó en el cuerpo de agua de la quebrada Rumiyacu, en la zona de muestreo establecida; estas muestras se tomaron teniendo en cuenta todas las indicaciones sobre la turbidez del agua, se verificó el adecuado llenado del bidón y su etiquetado correspondiente hasta el traslado al laboratorio que se encuentra en la facultad en la ciudad de Moyobamba.

Las muestras se tomaron para determinar los siguientes parámetros: (Turbidez, pH, alcalinidad, sólidos totales disueltos, oxígeno disuelto y Color)

Se realizó lo siguiente:

Elaboración del almidón de plátano nativo y modificado

- Se ha realizado la compra de los materiales necesarios para la elaboración del almidón nativo y modificado en el laboratorio.
- Se ha comprado el plátano verde (2 Kg.) para la elaboración del secado ha Se ha comprado los insumos necesarios, es decir: ácido acético (60 gr.), hidróxido de sodio (50gr.) para modificar la composición del almidón.
- Se ha realizado la compra de agua destilada (2L.), neutra para el lavado y neutralización de la acides del compuesto.
- Se colocó por 48 horas la estufa de un laboratorio para el secado del almidón.

Preparación de las soluciones patrón

Se ha preparado dos soluciones patrón:

- Solución de almidón nativo: Cálculo de proporciones:

$$\%W = \frac{WSTO}{VSOL} \times 100$$

$$VSOL$$

$$\%W = \frac{5 \text{ gr.}}{500\text{mL}} \times 100$$

$$500\text{mL}$$

$$\%W = 1\%$$

Medición y pesado de las sustancias: en la balanza analítica pesamos 5 gr de almidón nativo, en un matraz medimos 500 mL de agua destilada.

Realizamos la mezcla agitando constantemente.

- Solución de almidón modificado:

Cálculo de proporciones:

$$\%W = \frac{WSTO}{VSOL} \times 100$$

$$VSOL$$

$$\%W = \frac{5 \text{ gr.}}{500\text{mL}} \times 100$$

$$500\text{mL}$$

$$\%W = 1\%$$

Medición y pesado de las sustancias: en la balanza analítica pesamos 5 gr de almidón modificado, en un matraz medimos 500 mL de agua destilada. Realizamos la mezcla agitando constantemente.

Evaluación de muestras con almidón nativo

Se ha realizado el muestreo a nivel de laboratorio, en dos momentos:

- **Análisis de muestra inicial:**
Con la utilización de los equipos y reactivos se han medido los siguientes parámetros: turbidez, conductividad, pH, color, sólidos totales disueltos y alcalinidad.
- **Análisis de muestra con la utilización de almidón nativo como coagulante-floculante**
Se ha realizado un ensayo con la concentración de solución de almidón nativo al 1 % en peso/volumen, en seis jarras
Variando la concentración: (1 mL, 2 mL, 3mL, 4mL, 5mL, 6mL).
Variando los tiempos: 150 rpm, 200 rpm.
En los tiempos y momentos: mezcla rápida 5 min., mezcla lenta 10 min., y mezcla sedimentable, 1 min.

Evaluación de muestras con almidón modificado

Se ha realizado el muestreo a nivel de laboratorio, en dos momentos:

- **Análisis de muestra inicial 02:**
Con la utilización de los equipos y reactivos se han medido los siguientes parámetros: turbidez, conductividad, pH, color, sólidos totales disueltos y alcalinidad.
- **Análisis de muestra con la utilización de almidón modificado como coagulante- floculante:**
Se ha realizado un ensayo con la concentración de solución de almidón nativo al 1 % en peso/volumen, en seis jarras
Variando la concentración: (1 mL, 2 mL, 3mL, 4mL, 5mL, 6mL).
Variando los tiempos: 150 rpm, 200 rpm.
En los tiempos y momentos: mezcla rápida 5 min., mezcla lenta 10 min., y mezcla sedimentable, 1 min.

Frecuencia de muestreo

Las muestras para los análisis mencionados, se colectaron 24 L de agua de muestra en el punto indicado durante temporada de lluvia donde la turbidez se encuentre elevada, durante tres meses con diferente turbidez.

1º: elaboración de la solución patrón

Se tiene:

- 1000ml de agua destilada.
- 10gr de almidón de plátano.

Serán tomadas todas las muestras a estas jarras en diferentes estados.

2º: Para determinar la dosis óptima.

a) Primer ensayo.

- Mezcla rápida / 375 RPM (1.5´)
- Mezcla lenta / 79 RPM (15´)
- Mezcla sedimentable / 10´

b) Segundo ensayo.

- Mezcla rápida / 200 RPM (1.5´)
- Mezcla lenta / 63 RPM (15´)
- Mezcla sedimentable / 10´

c) Tercer ensayo.

- Mezcla rápida / 150 RPM (1.5´)
- Mezcla lenta / 37.5 RPM (15´´)
- Mezcla sedimentable / 10´´

d) Cuarto ensayo.

- Mezcla rápida / 300 RPM (1.5´)
- Mezcla lenta / 75 RPM (15´´)
- Mezcla sedimentable / 10´´

Tabla 5:

Parámetros a analizados

PARÁMETROS	Técnica y/o método	Instrumento
Turbidez	Método multiparamétrico	turbidímetro
Conductividad	Método multiparamétrico	multiparámetro
pH	Método Potenciométrico	Peachímetro
Color	Método colorimétrico	Colorímetro
STD.	Método multiparametrico	Multiparametro
Alcalinidad	Método alcalino	Alcalímetro

Fuente: Elaboración propia.

2.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Los datos se recolectaron durante 3 meses consecutivos de las aguas de la quebrada Rumiyacu; se analizaron los 06 parámetros.

Se ha realizado la tabulación de resultados expresados mediante gráficos y cuadros seguidos de una interpretación, se ha utilizado programas como Excel y Word para la interpretación de resultados.

Se siguió el siguiente procedimiento para el análisis de datos:

- Validez: Se define como el grado hasta el cual lo que se supone que se está midiendo se mida realmente, mediante la utilización de un ANOVA multifactorial debido a la existencia de dos factores: Tipo de coagulante usado y Concentración usada de este. Luego se tomaron los tratamientos denominados como mejores y los resultados del agua cruda (Sin tratamiento), y se aplicara un análisis estadístico ANOVA simple, para evidenciar si había o no diferencia estadística entre un tratamiento y otro (almidón nativo y almidón modificado).
- Representación Gráfica de los Resultados: en las representaciones graficas de los datos se utilizaron imágenes en lugar de tablas para presentar los resultados de la investigación. Los resultados en particular, los resultados claves, se pueden presentar de manera más poderosa y eficiente por medio de gráficas
- Grafica de Barras: se utilizó gráfica con barras rectangulares de longitudes proporcional al de los valores que representan las gráficas de barras. Se usó para comparar dos valores.

CAPITULO III

RESULTADOS Y DISCUSIONES

3.1. Parámetros analizados con coagulante de almidón nativo y modificado.

Efectos sobre la turbidez, conductividad, pH, color, solidos totales disueltos y alcalinidad en el tratamiento de potabilización de aguas empleando almidón nativo y almidón modificado del plátano (*musa paradisiaca spp*).

Almidón nativo al 1%:

Tabla 6:

Resultados de la muestra 01, setiembre 2017

Almidón Nativo									
Muestra 01- 150 rpm									
Parámetros	Unidad	Inicial	Jarra 01	Jarra 02	Jarra 03	Jarra 04	Jarra 05	Jarra 06	Promedio
Turbidez	UNT	37.36	14.7	23.46	15.08	22.67	14.17	18.27	18.06
Color	UPC	129	174	141	140	144	143	147	148.17
Conductividad	µs	424	328.9	341.9	345	331.7	345	331.3	337.3
pH	pH	7.78	7.95	7.87	7.84	7.83	7.8	7.81	7.85
STD	mg/L	220	186.4	187.3	189	183.3	184.7	192.4	187.18
Alcalinidad	mg/L	88	80	82	85	87	92	82	84.67

Fuente: Elaboración propia.

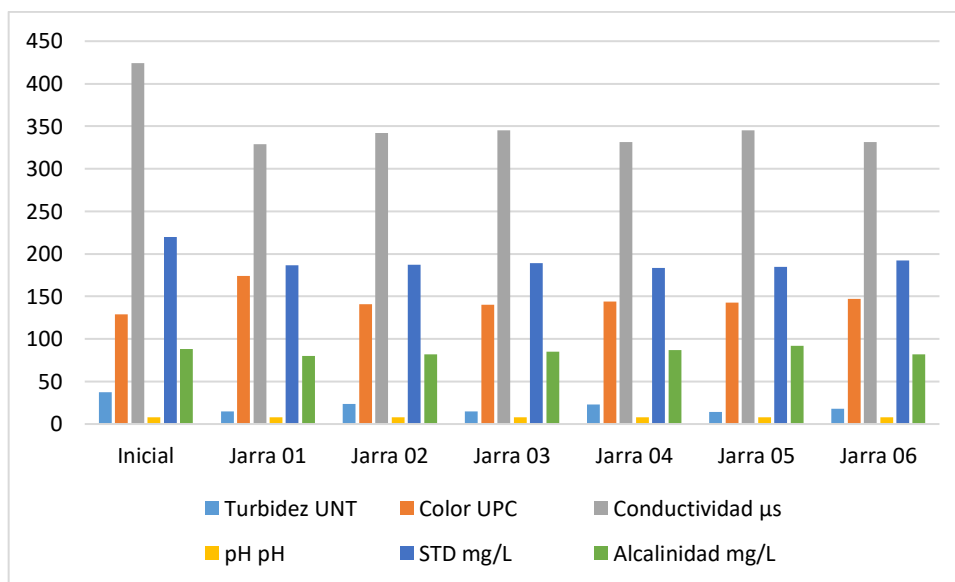


Figura 6: Resultados de la muestra 01, setiembre 2017. (Fuente: tabla 4)

Interpretación:

Se ha realizado una corrida a 150 rpm con la primera muestra cuya turbidez inicial fue 37 UNT, la cual promediamente se ha logrado reducir hasta un 18 UNT, en cuanto a los términos del color podemos decir que este parámetro se ve afectado con la utilización de almidón nativo, llegando promediamente a medir 148.17 UPC, la conductividad y el pH tienden a bajar en poca proporción sin que estas se vean afectando y estando dentro del parámetro deseado según los Límites Máximos Permisibles (DS 003-2010 SA), los sólidos totales disueltos han bajado en poca proporción llegando promediamente a medir 187.18 ppm el cual está dentro del valor deseado de los LMP, cabe mencionar que es un agua con 88 mg/L de alcalinidad, estando dentro de lo normal; las deficiencias encontradas son los excesos de turbidez y color que superan notablemente lo deseado.

Tabla 7:

Resultados de la muestra 02, setiembre 2017

Almidón Nativo									
Muestra 01- 200 rpm									
Parámetros	Unidad	Inicial	Jarra 01	Jarra 02	Jarra 03	Jarra 04	Jarra 05	Jarra 06	Promedio
Turbidez	UNT	37.36	12.42	30.03	23.84	19.79	35.89	18.58	23.43
Color	UPC	129	140	155	170	170	160	175	161.67
Conductividad	μs	424	419.9	348.5	412	411.8	345.3	331.3	378.13
pH	pH	7.78	7.34	7.1	7.11	7.15	7.17	7.22	7.18
STD	mg/L	220	180	218.4	177.7	179.3	198.2	192.4	191.00
Alcalinidad	mg/L	88	78	80	81	82	78	82	80.17

Fuente: Elaboración propia.

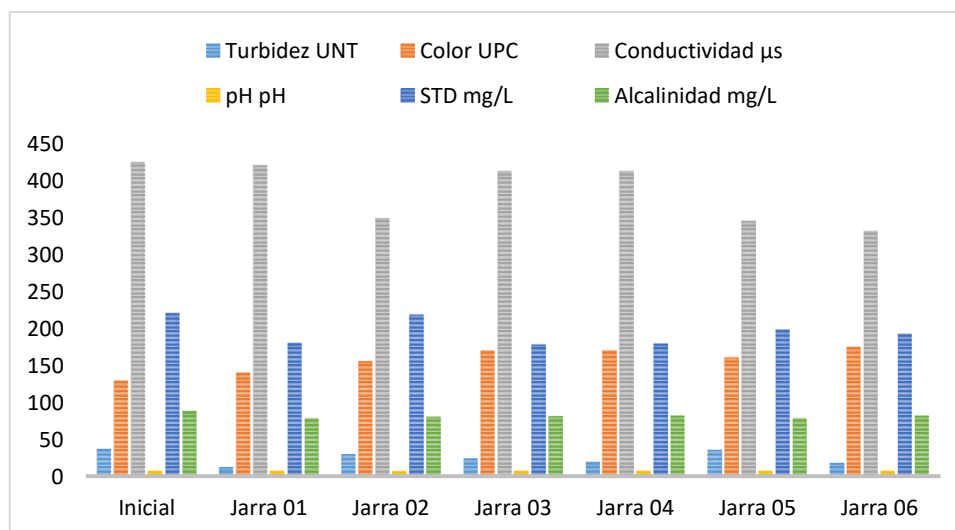


Figura 7: Resultados de la muestra 02, setiembre 2017. (Fuente: tabla 5).

Interpretación:

Se ha realizado una corrida a 200 rpm con almidón nativo de la segunda muestra cuya turbidez inicial fue 37 UNT, la cual promediamente se ha logrado reducir hasta un 23,43 UNT, este ha bajado en ciertas corridas y en ciertas proporciones; en cuanto a los términos del color podemos decir que este parámetro se ve afectado con la utilización la cual ha subido en las corridas, llegando promediamente a medir 161,17 UPC, la conductividad y el pH tienden a bajar en poca proporción sin que estas se vean afectando y estando dentro del parámetro deseado según los Límites Máximos Permisibles (DS 003-2010 SA), los sólidos totales disueltos han bajado en poca proporción llegando promediamente a medir 191 ppm el cual está dentro del valor deseado de los LMP, cabe mencionar que es un agua con 80.17 mg/L de alcalinidad, estando dentro de lo normal; las deficiencias encontradas son los excesos de turbidez y color que superan notablemente lo deseado.

Almidón modificado al 1%

Tabla 8:

Resultados de la muestra 01, setiembre 2017

Almidón Modificado									
Muestra 01- 150 rpm									
Parámetros	Unidad	Inicial	Jarra 01	Jarra 02	Jarra 03	Jarra 04	Jarra 05	Jarra 06	Promedio
Turbidez	UNT	297	67.41	69.13	66.37	101.8	95.63	77.05	79.57
Color	UPC	595	205	200	205	225	225	230	215
Conductividad	µs	350	324.4	325.4	329.1	330.7	335.4	335.3	330.05
pH	pH	7.46	7.6	7.45	7.48	7.44	7.46	7.49	7.49
STD	mg/L	280	177.7	177.8	179.5	180.6	182.9	183.1	180.27
Alcalinidad	mg/L	90	88	90	85	80	80	80	83.83

Fuente: Elaboración propia.

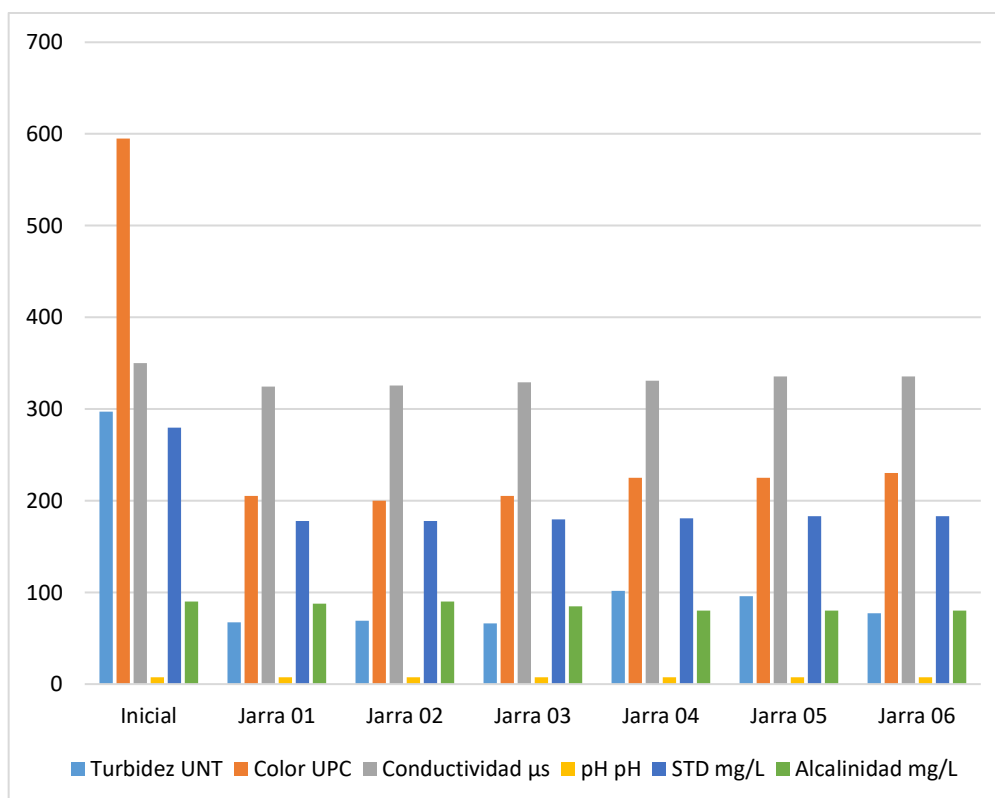


Figura 8: Resultados de la muestra 01, setiembre 2017. (Fuente: Tabla 6).

Interpretación:

Se ha realizado una corrida a 150 rpm con almidón modificado de la primera muestra cuya turbidez inicial fue 297 UNT, la cual promediamente se ha logrado reducir hasta un 79.57 UNT, este ha bajado en ciertas corridas y en ciertas proporciones relativamente grandes, aunque no lo suficiente para hacerla apta según los límites; en cuanto a los términos del color podemos decir que este parámetro ya no se ve afectado con la utilización la cual ha bajado su valor en las corridas, llegando promediamente a medir 215 UPC desde 595 UPC, la conductividad y el pH tienden a bajar en poca proporción sin que estas se vean afectando y estando dentro del parámetro deseado según los Límites Máximos Permisibles (DS 003-2010 SA), los sólidos totales disueltos han bajado llegando promediamente a medir 180 ppm el cual está dentro del valor deseado de los LMP, cabe mencionar que es un agua con 83 mg/L de alcalinidad, estando dentro de lo normal; las deficiencias encontradas son los excesos de turbidez y color que superan notablemente lo deseado, a pesar de haber bajado notablemente.

Tabla 9:

Resultados dela muestra 02, setiembre 2017

Almidón Modificado									
Muestra 02- 200 rpm									
Parámetros	Unidad	Inicial	Jarra 01	Jarra 02	Jarra 03	Jarra 04	Jarra 05	Jarra 06	Promedio
Turbidez	UNT	297	67.48	69.03	66.06	100.43	95.02	75.61	78.94
Color	UPC	595	108	180	150	180	187	190	165.83
Conductividad	μs	350	324.4	325.4	329.1	330.7	335.4	335.3	330.05
pH	pH	7.46	7.58	7.44	7.45	7.43	7.41	7.55	7.48
STD	mg/L	280	209.5	208.9	210.6	208	206	207.7	208.45
Alcalinidad	mg/L	90	98	90	80	85	88	88	88.17

Fuente: Elaboración propia.

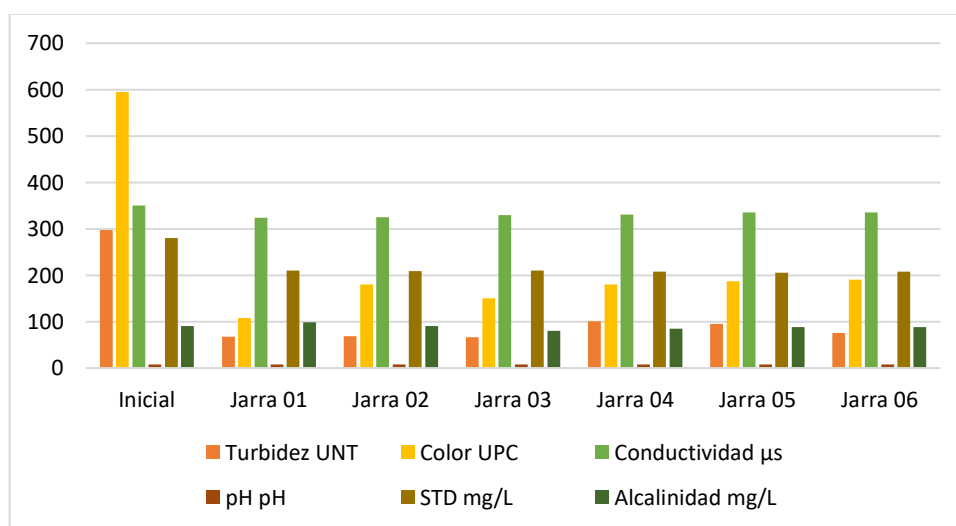


Figura 9: Resultados dela muestra 02, setiembre 2017. (Fuente: Tabla 7).

Interpretación:

Se ha realizado una corrida a 200 rpm con almidón modificado de la segunda muestra cuya turbidez inicial fue 297 UNT, la cual promediamente se ha logrado reducir hasta un 78.94 UNT, este ha bajado en ciertas corridas y en ciertas proporciones relativamente grandes, aunque no lo suficiente para hacerla apta según los límites; en cuanto a los términos del color podemos decir que este parámetro ya no se ve afectado con la utilización la cual ha bajado su valor en las corridas, llegando promediamente a medir 165.83 UPC desde 595 UPC, la conductividad y el pH tienden a bajar en poca

proporción sin que estas se vean afectando y estando dentro del parámetro deseado según los Límites Máximos Permisibles (DS 003-2010 SA), los sólidos totales disueltos han bajado llegando promediamente a medir 208.45 ppm el cual está dentro del valor deseado de los LMP, cabe mencionar que es un agua con 88 mg/L de alcalinidad, estando dentro de lo normal; las deficiencias encontradas son los excesos de turbidez y color que superan notablemente lo deseado, a pesar de haber bajado notablemente.

Almidón nativo al 2%

Tabla 10: Variación de parámetros con almidón nativo al 2%

Almidón Nativo									
Muestra 01- 150 rpm									
Parámetros	Unidad	Inicial	Jarra 01	Jarra 02	Jarra 03	Jarra 04	Jarra 05	Jarra 06	Promedio
Turbidez	UNT	151	30.07	28.14	27.16	29.45	31.15	30.59	29.43
Color	UPC	285	170	158	167	149	168	157	161.50
Conductividad	μs	524	341	358	368	298	345	267	329.50
pH	pH	7.45	7.46	7.42	7.44	7.41	7.4	7.81	7.49
STD	mg/L	230	189	178.9	181.2	176.3	184.3	172.9	180.43
Alcalinidad	mg/L	98	91	88	85	87	88	85	87.33

Fuente: Elaboración propia.

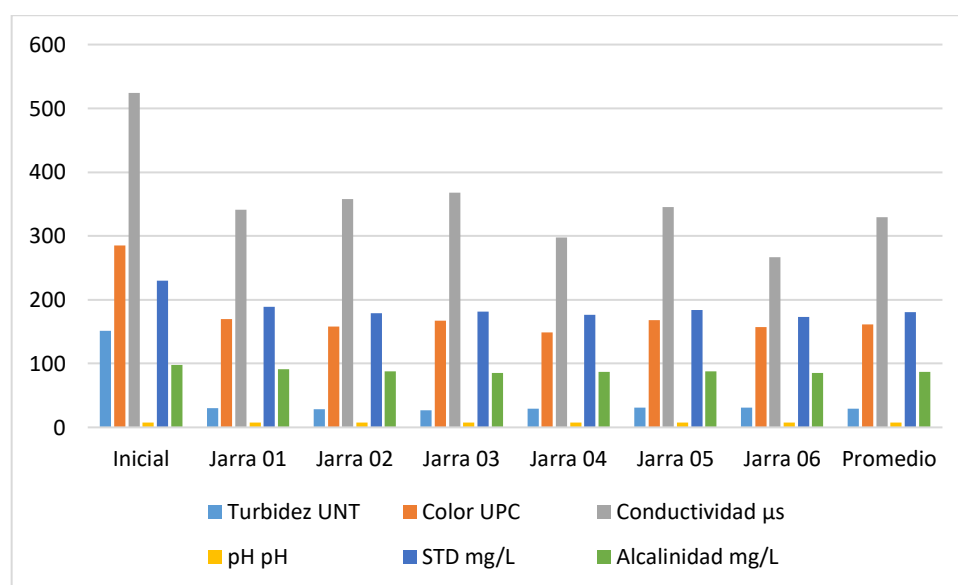


Figura 10: Variación de parámetros con almidón nativo al 2%. (Fuente: Tabla 8).

Interpretación:

Se puede observar que al 2% de la solución madre (almidón nativo), ha realizado un mejor trabajo en cuanto a los parámetros: que la turbidez ha bajado su valor de 151 NTU hasta 29 NTU, el color como ha estado actuando ha sido favorecida por la modificación debido a que ha bajado hasta unos 161,50 UPC en las todo a unas 150 rpm, la conductividad y el pH son valores que no bajan de manera tan fuerte y son los que se pueden admitir según los Límites Máximos Permisibles, los sólidos totales han bajado de 230 ppm hasta 180.43 ppm, un buen valor encontrándose dentro de los LMP.

Tabla 11:

Variación de parámetros con almidón nativo al 2%

Almidón Nativo									
Muestra 01- 200 rpm									
Parámetros	Unidad	Inicial	Jarra 01	Jarra 02	Jarra 03	Jarra 04	Jarra 05	Jarra 06	Promedio
Turbidez	UNT	151	33.25	31.58	32.56	38.1	25.12	24.36	30.83
Color	UPC	285	135	145	125	167	128	145	140.83
Conductividad	μs	524	410.25	412.25	410.3	385.2	389.2	379.36	397.76
pH	pH	7.45	7.41	7.39	7.58	7.21	7.39	7.43	7.40
STD	mg/L	230	174	169	174	166	153	168	167.33
Alcalinidad	mg/L	98	88	89	79	91	88	89	87.33

Fuente: Elaboración propia.

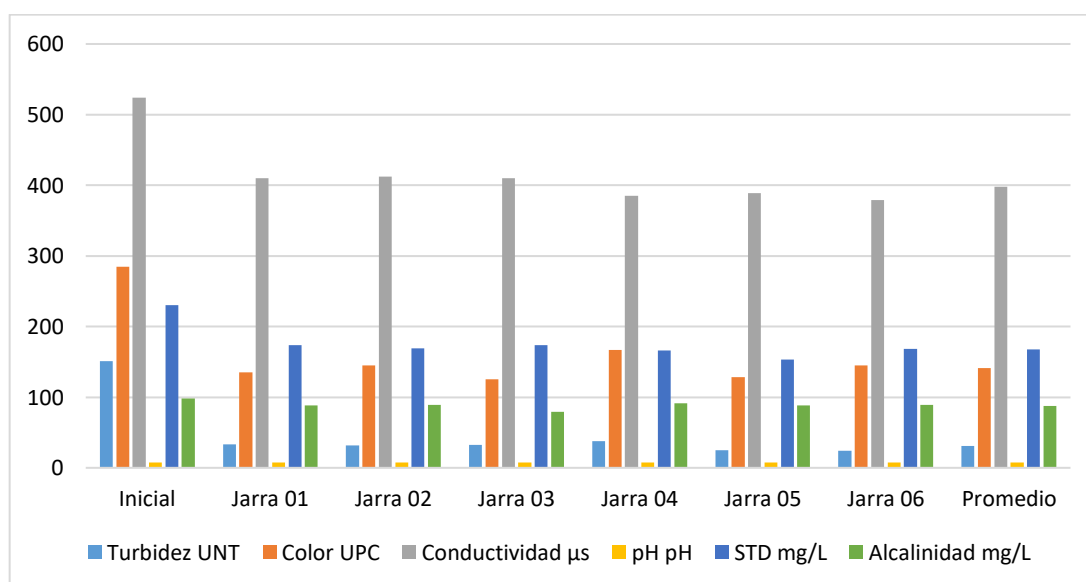


Figura 11: Variación de parámetros con almidón nativo al 2%. (Fuente: Tabla 9).

Interpretación:

Se puede observar que al 2% de la solución madre (almidón nativo), ha realizado un mejor trabajo en cuanto a los parámetros: que la turbidez ha bajado su valor de 151 NTU con 30.83 NTU, el color como ha estado actuando ha sido favorecida por la modificación debido a que ha bajado hasta unos 140 UPC en las todo a unas 200 rpm, la conductividad y el pH son valores que no bajan de manera tan fuerte y son los que se pueden admitir según los Límites Máximos Permisibles, los sólidos totales han bajado de 230 ppm hasta 167 ppm, un buen valor encontrándose dentro de los LMP.

Almidón modificado 2%

Tabla 12:

Variación de parámetros con el almidón modificado al 2%

Almidón Modificado									
Muestra 01- 150 rpm									
Parámetros	Unidad	Inicial	Jarra 01	Jarra 02	Jarra 03	Jarra 04	Jarra 05	Jarra 06	Promedio
Turbidez	UNT	280	15.16	17.23	21.8	15.2	13.45	11.28	15.69
Color	UPC	515	75	49	45	39	32	33	45.50
Conductividad	μs	380	215	278	341	326	289	314	293.83
pH	pH	7.45	7.12	6.89	6.47	6.89	7.11	7.15	6.94
STD	mg/L	230	114.21	115.31	110	109.8	124.1	119.1	115.42
Alcalinidad	mg/L	100	90	90	80	80	85	80	84.17

Fuente: Elaboración propia.

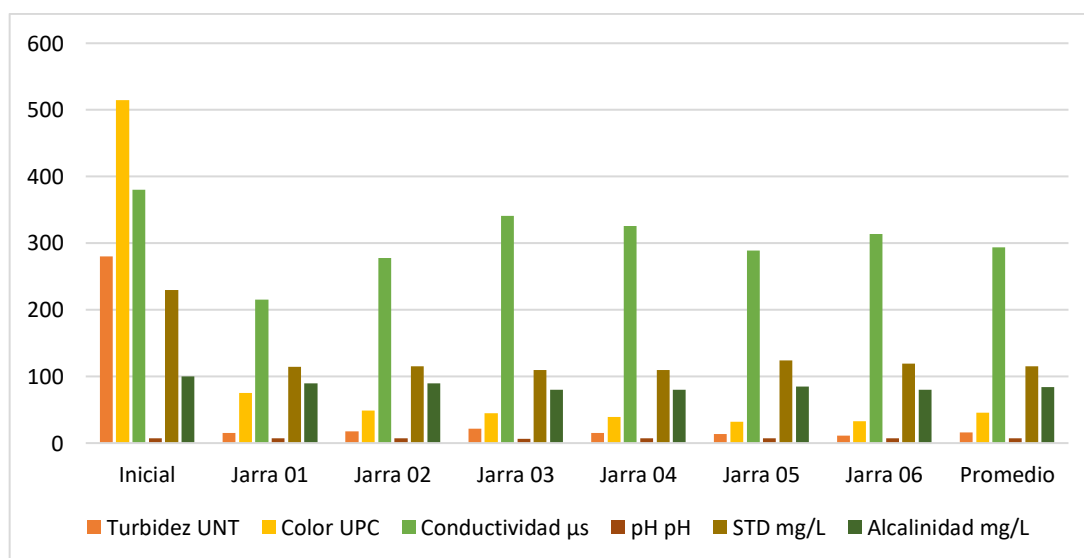


Figura 12: Variación de parámetros con el almidón modificado al 2%. (Fuente: Tabla 10).

Interpretación:

La corrida se ha realizado con la solución de almidón modificado al 2% y a una velocidad de 150 rpm, cuya turbidez inicial fue 280 UNT, la cual promediamente se ha logrado reducir hasta un 15.69 UNT, este ha bajado en ciertas corridas y en ciertas proporciones relativamente grandes, y hasta lo suficiente para hacerla apta según los límites; en cuanto a los términos del color podemos decir que este parámetro ya no se ve afectado con la utilización la cual ha bajado su valor en las corridas, llegando promediamente a medir 45.50 UPC desde 515 UPC, la conductividad y el pH tienden a bajar en poca proporción sin que estas se vean afectando y estando dentro del parámetro deseado según los Límites Máximos Permisibles (DS 003-2010 SA), los sólidos totales disueltos han bajado llegando promediamente a medir 115.42 ppm el cual está dentro del valor deseado de los LMP, cabe mencionar que es un agua con 100 mg/L de alcalinidad, estando dentro de lo normal.

Tabla 13:

Variación de parámetros con el almidón modificado al 2%

Almidón Modificado									
Muestra 02- 200 rpm									
Parámetros	Unidad	Inicial	Jarra 01	Jarra 02	Jarra 03	Jarra 04	Jarra 05	Jarra 06	Promedio
Turbidez	UNT	280	12.15	11.12	14.8	12.5	13.12	14.1	12.97
Color	UPC	515	35	36.2	38.1	29.98	31.2	33.48	33.99
Conductividad	μs	380	278	298	249	268	245	278	269.33
pH	pH	7.45	7.05	7.12	7	6.59	6.18	6.12	6.68
STD	mg/L	230	156	128	110	114	124	135	127.83
Alcalinidad	mg/L	100	88	85	82	88	85	80	84.67

Fuente: Elaboración propia.

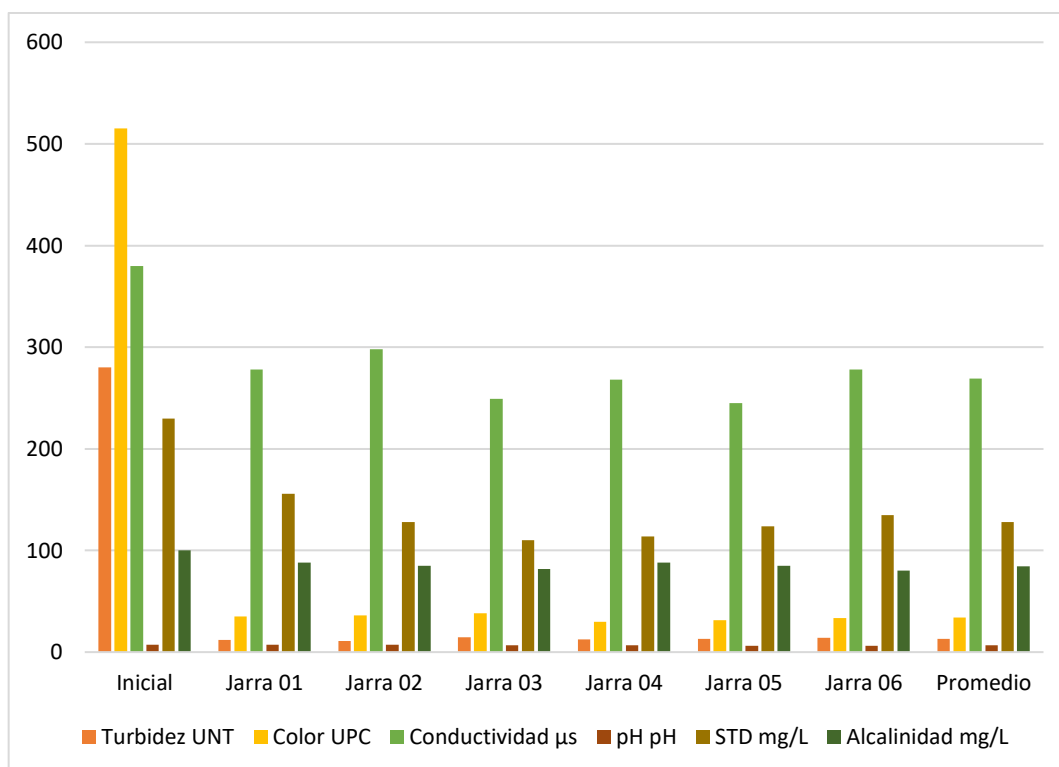


Figura 13: Variación de parámetros con el almidón modificado al 2%. (Fuente: Tabla 11).

Interpretación:

La corrida se ha realizado con la solución de almidón modificado al 2% y a una velocidad de 200 rpm, cuya turbidez inicial fue 280 UNT, la cual promediamente se ha logrado reducir hasta un 12.97 UNT, este ha bajado en ciertas corridas y en ciertas proporciones relativamente grandes, y hasta lo suficiente para hacerla apta según los límites; en cuanto a los términos del color podemos decir que este parámetro ya no se ve afectado con la utilización la cual ha bajado su valor en las corridas, llegando promediamente a medir 33.99 UPC desde 515 UPC, la conductividad y el pH tienden a bajar en poca proporción sin que estas se vean afectando y estando dentro del parámetro deseado según los Límites Máximos Permisibles (DS 003-2010 SA), los sólidos totales disueltos han bajado llegando promediamente a medir 84.67 ppm el cual está dentro del valor deseado de los LMP, cabe mencionar que es un agua con 100 mg/L de alcalinidad, estando dentro de lo normal.

Almidón nativo al 3%:

Tabla 14:

Variación de parámetros con el almidón nativo al 3%

Almidón Nativo									
Muestra 01- 150 rpm									
Parámetros	Unidad	Inicial	Jarra 01	Jarra 02	Jarra 03	Jarra 04	Jarra 05	Jarra 06	Promedio
Turbidez	UNT	250	35.02	31.01	28.12	31.24	30.14	30.78	31.05
Color	UPC	310	100	98	89	87	90	99	93.83
Conductividad	μs	624	341	358	368	298	345	267	329.50
Ph	pH	7.31	7.46	7.42	7.44	7.41	7.4	7.81	7.49
STD	mg/L	285	189	178.9	181.2	176.3	184.3	172.9	180.43
Alcalinidad	mg/L	100	100	100	100	100	100	100	100.00

Fuente: Elaboración propia.

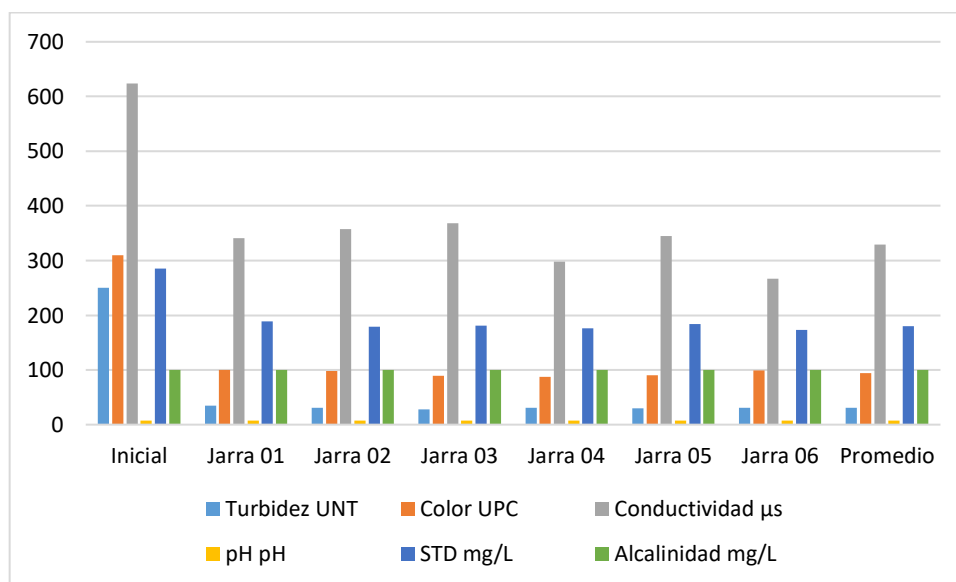


Figura 14: Variación de parámetros con el almidón nativo al 3%. (Fuente: Tabla 12).

Interpretación:

Se ha realizado este ensayo a 150 rpm con la primera muestra cuya turbidez inicial fue 250 UNT, la cual promediamente se ha logrado reducir hasta un 31 UNT, en cuanto a los términos del color podemos decir que este parámetro se ve afectado con la utilización de almidón nativo al 3 %, llegando promediamente a medir 93.83 UPC, este ha bajado notablemente, pues las muestras fueron recogidas en épocas de lluvias, la conductividad

y el pH tienden a bajar en poca proporción sin que estas se vean afectando y estando dentro del parámetro deseado según los Límites Máximos Permisibles (DS 003-2010 SA), los sólidos totales disueltos han bajado en poca proporción llegando promediamente a medir 180 ppm el cual está dentro del valor deseado de los LMP, cabe mencionar que es un agua con 100 mg/L de alcalinidad, estando dentro de lo normal; las deficiencias encontradas son los excesos de turbidez y color que superan notablemente lo deseado.

Tabla 15:

Variación de parámetros con el almidón nativo al 3%

Almidón Nativo									
Muestra 02- 200 rpm									
Parámetros	Unidad	Inicial	Jarra 01	Jarra 02	Jarra 03	Jarra 04	Jarra 05	Jarra 06	Promedio
Turbidez	UNT	250	24.01	22.14	25.12	21.78	20.89	23.14	22.85
Color	UPC	310	98	89	80	98	88	88	90.17
Conductividad	μs	624	410.25	412.25	410.3	385.2	389.2	379.36	397.76
pH	pH	7.31	7.41	7.39	7.58	7.21	7.39	7.43	7.40
STD	mg/L	285	174	169	174	166	153	168	167.33
Alcalinidad	mg/L	100	100	100	100	100	100	100	100.00

Fuente: Elaboración propia.

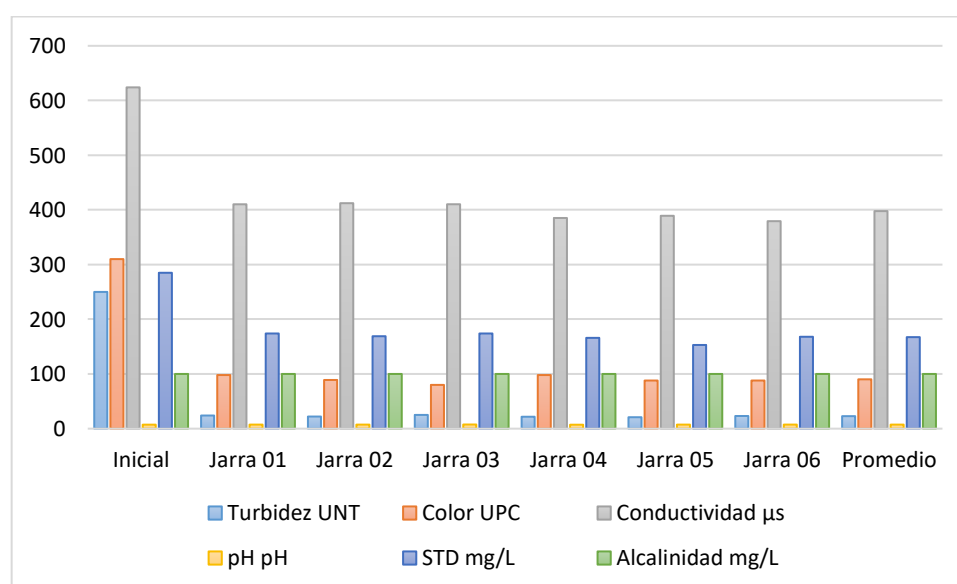


Figura 15: Variación de parámetros con el almidón nativo al 3%. (Fuente: Tabla 13).

Interpretación:

Se ha realizado esta corrida a 200 rpm con la primera muestra cuya turbidez inicial fue 350 UNT, la cual promediamente se ha logrado reducir hasta un 22.8 UNT, en cuanto a los términos del color podemos decir que este parámetro se ve poco afectado al cambio de velocidad con la utilización de almidón nativo, llegando promediamente a medir 90 UPC, la conductividad y el pH tienden a bajar en poca proporción sin que estas se vean afectando y estando dentro del parámetro deseado según los Límites Máximos Permisibles (DS 003-2010 SA), los sólidos totales disueltos han bajado en cierta proporción llegando promediamente a medir 167.33 ppm el cual está dentro del valor deseado de los LMP, cabe mencionar que es un agua con 100 mg/L de alcalinidad, estando dentro de lo normal; las deficiencias encontradas son los excesos de turbidez y color que superan notablemente lo deseado.

Almidón modificado al 3%:

Tabla 16: Variación de parámetros con el almidón modificado al 3%

Almidón Modificado									
Muestra 01- 150 rpm									
Parámetros	Unidad	Inicial	Jarra 01	Jarra 02	Jarra 03	Jarra 04	Jarra 05	Jarra 06	Promedio
Turbidez	UNT	285	35	30	31	31.15	33.17	31.14	31.91
Color	UPC	510	95	85	101	99	68	78	87.67
Conductividad	μs	375	210	245	285	246	258	256	250.00
pH	pH	7.25	7.15	7.18	7.24	7.18	7.11	7.11	7.16
STD	mg/L	255	115	116.2	118	109.18	98	115	111.90
Alcalinidad	mg/L	120	90	90	80	80	90	90	86.67

Fuente: Elaboración propia.

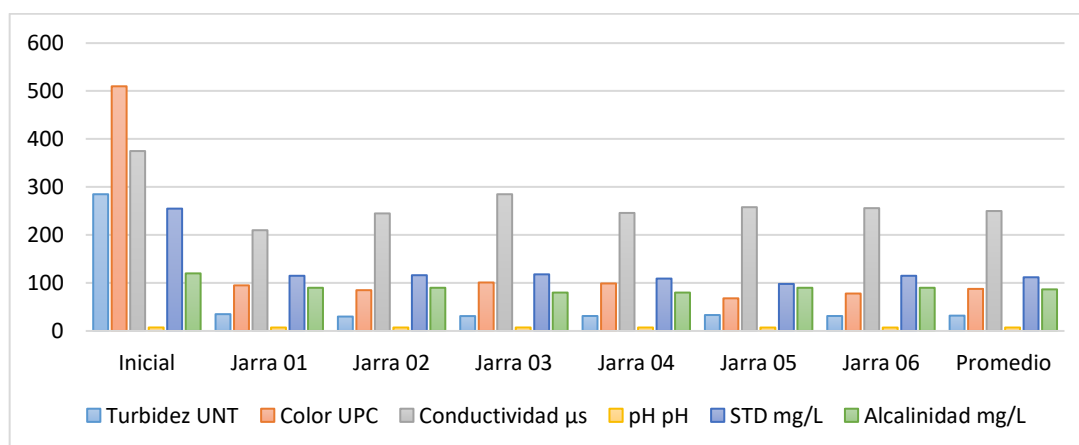


Figura 16: Variación de parámetros con el almidón modificado al 3%. (Fuente: Tabla 14).

Interpretación:

Se ha realizado una tercera corrida a 150 rpm con la primera muestra para el almidón modificado, cuya turbidez inicial fue 285 UNT, en estas épocas de lluvia del mes de diciembre, la cual promediamente se ha logrado reducir hasta un 31.91 UNT, en cuanto a los términos del color podemos decir que este parámetro no se ve afectado con la utilización de almidón modificado, ya que sus valores se encuentran mayores a los realizados al 2 %, llegando promediamente a medir 87.67 UPC, la conductividad y el pH tienden a bajar mucho más que en el almidón nativo aunque en poca proporción sin que estas se vean afectando y estando dentro del parámetro deseado según los Límites Máximos Permisibles (DS 003-2010 SA), los sólidos totales disueltos han bajado en poca proporción llegando promediamente a medir 111.90 ppm el cual está dentro del valor deseado de los LMP, cabe mencionar que es un agua con 86.67 mg/L de alcalinidad, estando dentro de lo normal.

Tabla 17:

Variación de parámetros con el almidón modificado al 3%

Almidón Modificado									
Muestra 02- 200 rpm									
Parámetros	Unidad	Inicial	Jarra 01	Jarra 02	Jarra 03	Jarra 04	Jarra 05	Jarra 06	Promedio
Turbidez	UNT	285	33.18	28.57	25.48	28.18	27.18	29.18	28.63
Color	UPC	510	110	98	85	115	129	99	106.00
Conductividad	µs	375	285	279	258	298	276	284	280.00
pH	pH	7.25	7.02	7.06	7.14	6.99	6.75	6.85	6.97
STD	mg/L	255	118	114	110	100	98	99	106.50
Alcalinidad	mg/L	120	88	85	95	90	90	95	90.50

Fuente: Elaboración propia.

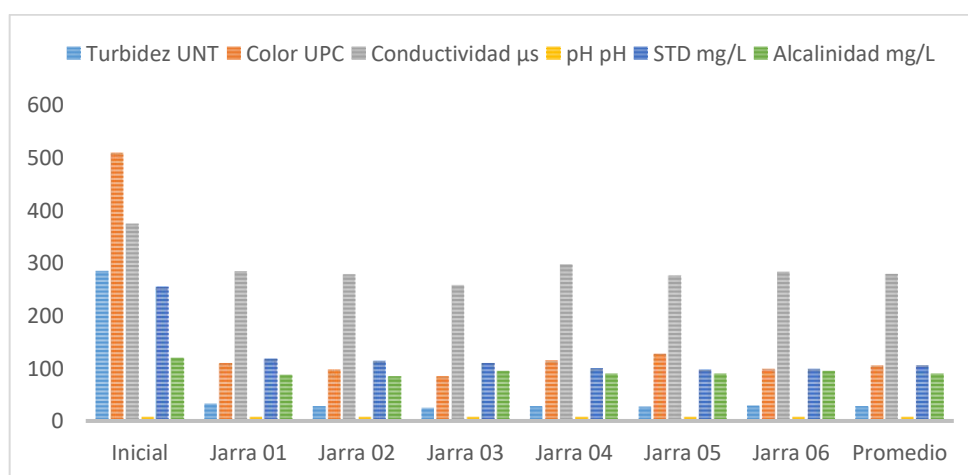


Figura 17: Variación de parámetros con el almidón modificado al 3%. (Fuente: Tabla 15).

Interpretación:

Se ha realizado una corrida a 200 rpm con almidón modificado de la segunda muestra cuya turbidez inicial fue 285 UNT, la cual promediamente se ha logrado reducir hasta un 28.63 UNT, este ha bajado en ciertas corridas y en ciertas proporciones relativamente grandes, aunque no lo suficiente para hacerla apta según los límites; en cuanto a los términos del color podemos decir que este parámetro con la utilización la cual ha bajado su valor en las corridas, llegando promediamente a medir 106 UPC desde 510 UPC, la conductividad y el pH tienden a bajar en poca proporción sin que estas se vean afectando y estando dentro del parámetro deseado según los Límites Máximos Permisibles (DS 003-2010 SA), los sólidos totales disueltos han bajado llegando promediamente a medir 106.50 ppm el cual está dentro del valor deseado de los LMP, cabe mencionar que es un agua con 120 mg/L de alcalinidad, estando dentro de lo normal.

3.2. Análisis estadístico para la varianza de un factor (coagulante de almidón nativo y modificado.

Se determinó la capacidad de coagulación del almidón nativo y modificado del plátano (*musa paradisiaca spp*) en el tratamiento de potabilización de aguas, para luego comparar la diferencia significativa entre el almidón nativo y modificado del plátano (*musa paradisiaca spp*) con el ácido acético, para demostrar su capacidad como coagulante- floculante, mediante análisis estadístico.

Tabla 18:

Datos de análisis pH

pH	Jarra1	Jarra 2	Jarra3	Jarra4	Jarra5	Jarra 6	Jarra1	Jarra2	Jarra3	Jarra4	Jarra5	Jarra 6
AN 1%	7.95	7.87	7.84	7.83	7.8	7.81	7.41	7.39	7.58	7.21	7.39	7.43
AM 1%	7.6	7.45	7.48	7.44	7.46	7.49	7.58	7.44	7.45	7.43	7.41	7.55
AN 2%	7.46	7.42	7.44	7.41	7.4	7.81	7.41	7.39	7.58	7.21	7.39	7.43
AM 2%	7.12	6.89	6.47	6.89	7.11	7.15	7.05	7.12	7	6.59	6.18	6.12
AN 3%	7.46	7.42	7.44	7.41	7.4	7.81	7.41	7.39	7.58	7.21	7.39	7.43
AM 3%	7.15	7.18	7.24	7.18	7.11	7.11	7.02	7.06	7.14	6.99	6.75	6.85

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 19:

Resumen de análisis pH

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
AN 1%	12	91.51	7.62583333	0.06251742
AM 1%	12	89.78	7.48166667	0.00383333
AN 2%	12	89.35	7.44583333	0.0198447
AM 2%	12	81.69	6.8075	0.14011136
AN 3%	12	89.35	7.44583333	0.0198447
AM 3%	12	84.78	7.065	0.02064545

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 20:

Análisis de varianza pH

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
	5.7435611			25.833		2.3538089
Entre grupos	1	5	1.14871222	4019	0.00	6
Dentro de los grupos	2.9347666	7	0.04446616			
	8.6783277					
Total	8	71				

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación:

De los datos presentados se puede deducir que, conforme a los 60 datos encontrados en las seis clasificaciones de almidón nativo y modificado en diferentes concentraciones, encontramos que estos cuentan a la vez con la variabilidad de las velocidades y contenidos; se muestra que la probabilidad que existe de relación entre los resultados de del pH es 0.00 para los diferentes coagulantes, es decir todas las concentraciones lo modifican de acuerdo a sus distintas características, eso se deduce también del resultado del F cuyo valor es mayor el valor crítico del F, pues de esta forma indican no son iguales, cabe mencionar que aunque la variabilidad de los resultados es baja y en la que mayor variabilidad se encontró fue al utilizar almidón modificado al 2% (como se muestra en la tabla 17).

Tabla 21:

Datos de análisis turbidez

Turbidez	Jarra1	Jarra2	Jarra	Jarra4	Jarra5	Jarra 6	Jarra1	Jarra2	Jarra3	Jarra4	Jarra5	Jarra 6
AN 1%	14.7	23.46	15.1	22.67	14.17	18.27	12.42	30.03	23.84	19.79	35.89	18.58
AM 1%	67.41	69.13	66.4	101.8	95.63	77.05	67.48	69.03	66.06	100.4	95.02	75.61
AN 2%	30.07	28.14	27.2	29.45	31.15	30.59	33.25	31.58	32.56	38.1	25.12	24.36
AM 2%	15.16	17.23	21.8	15.2	13.45	11.28	12.15	11.12	14.8	12.5	13.12	14.1
AN 3%	35.02	31.01	28.1	31.24	30.14	30.78	24.01	22.14	25.12	21.78	20.89	23.14
AM 3%	35	30	31	31.15	33.17	31.14	33.18	28.57	25.48	28.18	27.18	29.18

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 22:

Resumen de análisis de turbidez

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
AN 1%	12	248.9	20.7416667	48.1030333
AM 1%	12	951.02	79.2516667	210.693961
AN 2%	12	361.53	30.1275	14.0140568
AM 2%	12	171.91	14.3258333	8.71606288
AN 3%	12	323.39	26.9491667	21.7566992
AM 3%	12	363.23	30.2691667	7.48422652

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 23:

Análisis de varianza de turbidez

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	32259.4859	5	6451.89718	6809	0.00	2.35380896
Dentro de los grupos	3418.44843	66	51.7946732			
Total	35677.9344	71				

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación:

Para la turbidez se utilizaron las mismas características variables de velocidad concentración y tipo de almidón a utilizar; se muestra que la probabilidad existente en

cuanto a la relación entre los resultados de la turbidez es 0.00 para los diferentes coagulantes, es decir todas las concentraciones modifican este parámetro de acuerdo a sus distintas características, eso se deduce también del resultado del F cuyo valor 124.56 es mayor el valor crítico del F 2.35, pues de esta forma indican no son iguales, cabe mencionar que para la turbidez existe mucha variabilidad de los resultados en el que existe una variabilidad bastante alta fue con almidón nativo al 1% con un valor de 210.69, este parámetro encuentra mayor estabilidad con la utilización de almidón modificado, en cambio el que mayor efectividad y poca variabilidad ha tenido ha sido el AM al 2% teniendo los valores más bajos para la turbidez.

Tabla 24:

Datos de análisis de color

Color	Jarra1	Jarra2	Jarra	Jarra4	Jarra5	Jarra 6	Jarra1	Jarra2	Jarra3	Jarra4	Jarra5	Jarra 6
AN 1%	174	141	140	144	143	147	140	155	170	170	160	175
AM 1%	205	200	205	225	225	230	108	180	150	180	187	190
AN 2%	170	158	167	149	168	157	135	145	125	167	128	145
AM 2%	75	49	45	39	32	33	35	36.2	38.1	29.98	31.2	33.48
AN 3%	100	98	89	87	90	99	98	89	80	98	88	88
AM 3%	95	85	101	99	68	78	110	98	85	115	129	99

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 25:

Resumen de análisis de color

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
AN 1%	12	1859	154.916667	200.992424
AM 1%	12	2285	190.416667	1193.7197
AN 2%	12	1814	151.166667	253.060606
AM 2%	12	476.96	39.7466667	155.239152
AN 3%	12	1104	92	40.3636364
AM 3%	12	1162	96.83333333	275.969697

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 26:

Análisis de varianza de color

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
				101.27		
Entre grupos	178872.391	5	35774.4781	9805	0.00	2.35380896
Dentro de los grupos	23312.7973	66	353.224202			
Total	202185.188	71				

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación:

En el color se utilizaron las mismas características variables de velocidad concentración y tipo de almidón a utilizar; se muestra que la probabilidad existente en cuanto a la relación entre los resultados de la turbidez es 0.00 es decir ningún resultado se concibe igual o con tendencia cercana a actuar de la misma forma con los coagulantes, todas las concentraciones modifican este parámetro de acuerdo a sus distintas características, eso se deduce también del resultado del F cuyo valor 101.27 es mayor el valor crítico del F 2.35 , pues de esta forma indican no son iguales, cabe mencionar que el color es un parámetro muy susceptible ya que existe mucha variabilidad de los resultados en el que existe una variabilidad bastante alta fue con almidón modificado al 1% con un valor de 1193, este parámetro encuentra mayor estabilidad con la utilización de almidón modificado, el grupo que ha tenido los valores más bajos para el color ha sido el almidón modificado al 2% los cuales presentan poco variabilidad también.

Tabla 27:

Datos de análisis de solidos totales disueltos

STD	Jarra1	Jarra2	Jarra3	Jarra4	Jarra5	Jarra6	Jarra1	Jarra2	Jarra3	Jarra4	Jarra5	Jarra6
AN 1%	186.4	187.3	189	183.3	184.7	192.4	180	218.4	178	179.3	198.2	192.4
AM 1%	177.7	177.8	179.5	180.6	182.9	183.1	209.5	208.9	211	208	206	207.7
AN 2%	189	178.9	181.2	176.3	184.3	172.9	174	169	174	166	153	168
AM 2%	114.2	115.3	110	109.8	124.1	119.1	156	128	110	114	124	135
AN 3%	189	178.9	181.2	176.3	184.3	172.9	174	169	174	166	153	168
AM 3%	115	116.2	118	109.2	98	115	118	114	110	100	98	99

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 28:

Resumen de análisis de sólidos totales disueltos

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
AN 1%	12	2269.1	189.091667	121.402652
AM 1%	12	2332.3	194.358333	220.357197
AN 2%	12	2086.6	173.883333	89.0251515
AM 2%	12	1459.52	121.626667	180.220697
AN 3%	12	2086.6	173.883333	89.0251515
AM 3%	12	1310.38	109.198333	66.7636697

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 29:

Análisis de varianza de STD

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>Probabilidad F</i>	<i>Valor crítico para F</i>
				121.40	
Entre grupos	77579.2961	5	15515.8592	8217	0.00
Dentro de los grupos	8434.7397	66	127.799086		2.35380896
Total	86014.0358	71			

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación:

Para las solidos totales disueltos (STD) se utilizaron las mismas características variables de velocidad concentración y tipo de almidón a utilizar; se muestra que la probabilidad existente en cuanto a la relación entre los resultados es 0.00 para los diferentes coagulantes, todas las concentraciones y tipo de almidón modifican este parámetro de acuerdo a sus distintas características, eso se deduce también del resultado del F cuyo valor 121.40 es mayor el valor crítico del F 2.35 , pues de esta forma indican no son iguales, cabe mencionar que para los sólidos existe mucha variabilidad de los resultados en este parámetro podemos ver que si bien existe una alta variabilidad no solo es en uno sino son todos las concentraciones las que cuentan con una forma parecida de actuar, esto lo demuestra sus resultados cuantitativos. Es fundamental determinar también que los mejores resultados fueron obtenidos en los grupos de almidón modificado al 2 y 3 %.

Tabla 30:

Datos de análisis de conductividad

Conductividad	Jarra1	Jarra2	Jarra3	Jarra4	Jarra5	Jarra6	Jarra1	Jarra2	Jarra3	Jarra4	Jarra5	Jarra6
AN 1%	328.9	341.9	345	331.7	345	331.3	419.9	348.5	412	411.8	345.3	331.3
AM 1%	324.4	325.4	329.1	330.7	335.4	335.3	324.4	325.4	329	330.7	335.4	335.3
AN 2%	341	358	368	298	345	267	410.3	412.3	410	385.2	389.2	379.4
AM 2%	215	278	341	326	289	314	278	298	249	268	245	278
AN 3%	341	358	368	298	345	267	410.3	412.3	410	385.2	389.2	379.4
AM 3%	210	245	285	246	258	256	285	279	258	298	276	284

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 31:

Resumen de análisis de conductividad

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
AN 1%	12	4292.6	357.716667	1223.10152
AM 1%	12	3960.6	330.05	20.1918182
AN 2%	12	4363.56	363.63	2057.87107
AM 2%	12	3379	281.583333	1266.81061
AN 3%	12	4363.56	363.63	2057.87107
AM 3%	12	3180	265	593.818182

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 32:

Análisis de varianza de conductividad

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	114515.738	5	22903.1476	19.033	0.00	2.35380896
Dentro de los grupos	79416.3069	66	1203.27738	9717		
Total	193932.045	71				

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación:

Para la conductividad se utilizaron las mismas características variables de velocidad concentración y tipo de almidón a utilizar; se muestra que la probabilidad existente en

cuanto a la relación entre los resultados de la turbidez es 0.00 para los diferentes coagulantes, es decir todas las concentraciones modifican este parámetro de acuerdo a sus distintas características, eso se deduce también del resultado del F cuyo valor 19.033 cuyo valor no es muy alto como en otros parámetros pero se constituye claramente mayor al valor crítico del F 2.35 , indicando que no son iguales, cabe mencionar la varianza con menor valor fue con el almidón modificado al 1%, es decir en estas pruebas no hubo mucha disparidad de resultados.

3.3. Discusión de resultados

Para Trujillo et al. (2014), el almidón de plátano muestra ser adecuado como ayuda de floculación, aunque se presentó una sedimentación lenta. La mejor eficiencia de remoción de turbiedad se obtuvo para los siguientes valores de los factores: pH de 5, 50:50 porcentaje en peso de la combinación sulfato de aluminio/almidón de plátano, velocidad de mezcla rápida de 150 rpm, velocidad de mezcla lenta de 20rpm; en la presente investigación se determinó que tanto el almidón nativo 1% y el almidón modificado 2% han tenido un 95 % de remoción de turbidez, solidos totales y color, en la velocidad de 150 rpm.

Según Laines y Adams, (2008), en su artículo, realizado en México, denominado “Desarrollo y aplicación de un nuevo coadyuvante-coagulante orgánico en el proceso de coagulación-floculación del lixiviado de un relleno sanitario”, se efectuaron testigos de coagulación mediante la aplicación de Sulfato de aluminio y Cloruro Férrico aplicados de manera convencional. Las mezclas con mayor proporción de almidón sin arcilla, fueron más efectivas para la remoción de color y turbiedad para los lixiviados tratados en este estudio, en la presente investigación no se halló diferencias significativas entre la utilización del almidón nativo y el almidón modificado como coagulantes en el proceso de remoción de turbiedad y otros factores que determinan su calidad, la utilización del almidón modificado fue favorecedor para algunos parámetros pero, en otros ocasionado una baja del pH

En la investigación de Damián y Silva (2016), se evaluó la eficiencia de la clarificación obtenida con productos naturales los resultados con los nuevos productos de coagulación-floculación son comparables a los obtenidos con el Sulfato de Aluminio,

en general, todos los productos utilizados produjeron aguas con una calidad aceptable, desde el punto de vista fisicoquímico permitiendo una reducción de 99% de turbiedad y 96% de color, 68% de turbiedad y 62% de color, 85% de turbiedad y 75% de color, 68 de turbiedad y 61 de color respectivamente. Para las pruebas realizadas con los dos tipos de coagulantes naturales, podemos determinar que bajan en gran proporción varios parámetros como la turbidez hasta un 95 %, el color 90%, STD 66 % y otros parámetros, pero estos no llegan hasta la cantidad ideal establecida en los LMP para el agua de consumo.

Para Mantilla (2013), el olor y sabor durante el proceso de coagulación floculación, se pueden apreciar como aceptables. Las mejores muestras que evaluaron de acuerdo a los datos reportados por el color y la turbidez, teniendo en cuenta costo-beneficio, por lo cual para alumbre se eligió la muestra de 15 ppm, para almidón nativo también se eligió la muestra de 15 ppm, a diferencia del almidón modificado en el cual se eligió la muestra de 25 ppm. Determinado los gastos y eficiencias, y por las características de diferencias entre todos los tratamientos independientemente que sea nativo o modificado, se pudo optar por la utilización del almidón nativo de hasta un 1 %, por su carácter de remoción por su evaluación de costo beneficio.

Pompilio (2013), “Uso de floculantes de origen natural en el tratamiento del agua en términos de turbidez en el Río Santa – Huaraz”. Muestra sintética de color se obtienen resultados de remoción de grupos orgánicos de 200 unidades iniciales a 40 finales (remoción de 80%) en la escala UPC con la aplicación de 200 mg/L de $Al_2(SO_4)_3$, 60 mg/L de cal hidratada (alcalinizante) y 3mg /L de coagulante natural presenta una remoción de color de 200 unidades iniciales a 35 finales (remoción de 82,5%) en la escala UPC, siendo estas concentraciones las óptimas. En las muestras en las que se aplicó $Al_2(SO_4)_3$. Coagulante natural la remoción de turbiedad fue de 97,3 %, iniciando con 150 mg/L y finalizando con 4 mg/L, con la aplicación 120 mg/L de sulfato de aluminio y 15 mg/L de coagulante natural, siendo estas las dosis óptimas determinadas con la prueba de jarras, aplicando coagulante natural solo, la remoción de turbiedad resultó en 58% habiendo iniciado con 150 mg/L y finalizando con 63 mg/L, de la misma forma se evaluó el tratamiento del coagulante natural llegando a sus máximos porcentajes de remoción de turbidez y color de un 95 % y 85 %.

CONCLUSIONES

- Se obtuvo remoción de un 95 % de color con el almidón modificado al 2% y hasta un 60 % con el almidón nativo al 1%; la remoción de un 93 % de la turbidez con almidón nativo al 2% y un 95 % con el almidón modificado al 2%; la remoción de los sólidos totales disueltos fue de 55% con almidón modificado al 3% y 50 % con almidón nativo al 2%, y los valores de pH fueron mucho más afectados con el almidón modificado que con el almidón nativo.
- El efecto del almidón nativo en la variación del pH es de poca disminución. El almidón modificado actúa en la variación del pH de manera muy brusca acidificando la muestra, esto lo representa claramente al observar los resultados de AM 2%.
- La turbidez es un parámetro que encuentra mayor estabilidad en la utilización de almidón modificado al 2% teniendo los valores más bajos para la turbidez, con 11.12 UNT.
- El color ha tenido los mejores valores con el almidón modificado al 2%, seguida de los valores del almidón nativo al 3%, con el primer grupo este ha llegado a medir 32 UPC de 280 UPC este nos indica un porcentaje de remoción de un 94 %, pero aun este demuestre una gran eficiencia de remoción, aun no alcanza para cumplir ciertas normas preestablecidas.
- Los sólidos totales disueltos han sido removidos en poco porcentaje, no existe diferencia significativa en los resultados de los dos grupos (nativo y modificado) y todos están dentro de lo aceptable por la norma establecida.
- Los únicos parámetros que no cumplen los requisitos de la norma DS 004- 2017 MINAM-ECAs de la categoría A sub categoría A1, para aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección y los límites DS 003-2010 SA, son la turbidez y el color, parámetros que han sufrido bastante remoción, pero no se encuentran aun dentro de lo ideal.
- El rendimiento resumido de los almidones nativos y modificados variaron según el parámetro, entre los menos afectados tenemos a los sólidos totales disuelto y el pH, los más afectados tiene un rendimiento que van desde los 80% y 95% de efectividad.

RECOMENDACIONES

- De acuerdo a estudio anteriores el uso de coagulantes naturales en proceso de floculación coagulación en el tratamiento de aguas ha dado buenos resultados, en este estudio se demuestra que el almidón de plátano no es suficiente para ser utilizado como coagulante, por lo que es necesario realizar estudios con otra variedad del fruto o utilizar mezclas con otros coagulantes.
- Para la demostración y efectividad sería recomendable utilizar otros coagulantes poco dañinos y menos costosos de obtener.
- Realizar un mejoramiento de la obtención del almidón modificado y una ampliación de los ensayos realizados para diferenciar la comprobación de su remoción, como también realizar las mezclas adecuadas de los dos grupos diferentes para observar su efectividad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agualite, (2013). *¿Qué son los TDS o total de sólidos disueltos en el agua?* Obtenido de: <https://agualite.wordpress.com/2013/12/18/que-son-los-tds-o-total-de-solidos-disueltos-en-el-agua/>
- Andía (2000). *Coagulación y floculación, Evaluación y desarrollo tecnológico*. Lima. Perú.
- Arboleda (2000). *Teoría y práctica de la purificación del agua*. Mc Graw Hill y ACODAL, Tomo I. Bogotá.
- Arellano (2011). *Procesos de coagulación y floculación*. Ingeniera ambiental. México: Alfa omega.
- Barrenechea (1996). *Aspectos fisicoquímicos de la calidad del agua*. Estados Unidos.
- Blasco y Gómez (2014). *Propiedades funcionales del plátano (Musa sp)*. Revista médica Universidad Veracruzana. Veracruz, México.
- Cárdenas (2009). *Estudio del Mercado de la Cadena del Plátano*. Dirección General de Competitividad Agraria. pag. 27-29. Lima. Perú.
- Castrillon (2006). *Determinación de las dosis óptimas del coagulante sulfato de aluminio granulado tipo B en función de la turbiedad y el color para la potabilización del agua en la planta de tratamiento de Villa Santana*. Lima. Perú.
- Codex (1995). Norma general del Codex para los aditivos alimentarios. México.
- Damián y Silva (2016). *Diseño y construcción de un prototipo de clarificador circular de colchón de lodos para el estudio de eficiencia de los coagulantes obtenidos del exoesqueleto del camarón y el desecho del plátano en función del sulfato de aluminio* (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Chimborazo. Ríobamba, Ecuador.
- Entidad Prestadora de Servicios de Saneamiento- Moyobamba SRLtda. (2005). *Diagnóstico Socioeconómico Ambiental de la microcuenca Rumiyacu-Mishquiyacu y Almendra. Moyobamba. Perú*.

- Guadrón (2013). *Diseño y desarrollo del proceso para la extracción de almidón a partir de guineo majoncho verde (musa sp. variedad cuadrado), para su uso en la industria de alimentos* (tesis de pregrado). Universidad de El Salvador, El Salvador.
- Hernández y Vit (2009). *El plátano un cultivo tradicional con importancia nutricional*. Fuerza farmacéutica. pág. 11-14. Colombia.
- Jaramillo y Ramírez (2015). *Agentes naturales como alternativa para el tratamiento del agua*. Volumen 11. Universidad Militar Nueva Granada. Colombia.
- Laines y Adams (2008). *Desarrollo y aplicación de un nuevo coadyuvante-coagulante orgánico en el proceso de coagulación-floculación del lixiviado de un relleno sanitario*. Revista AIDIS. pág. 1-11. Guatemala.
- Mantilla (2013). *Extracción y modificación de almidón de plátano cuatro filos (musa abb del subgrupo silver bluggoe) para posible uso en el tratamiento de potabilización de aguas*. Cartagena.
- Méndez (2010). *Evaluación de la extracción de almidón del banano verde (Musa Sapientum Variedad Gran Enano) producto de desecho de la industrias bananeras y evaluación de su función como excipiente en la formulación de comprimidos*. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.
- Pérez (2010). *Caracterización de la calidad del agua en la planta de tratamiento de agua potable y en la red de distribución de la ciudad de Yopal*. Bucaramga.
- Pompilio (2013). *“Uso de floculantes de origen natural en el tratamiento del agua en términos de turbidez en el río Santa – Huaraz”*. Huacho. Perú.
- REPAMAR. CEPIS/PS (2000). *Impacto ambiental de productos químicos auxiliares usados en la industria textil Argentina*. Productos de acabados. Argentina.
- Romer (1999). *Calidad del agua*. Escuela Colombiana de ingeniería. Mexico, 2ª edición.
- Rondon, García, Guisado, Salgado (2010) *Obtención y caracterización de almidón de plátano (Musa paradisiaca L.) acetilado a diferentes grados de sustitución*. México.

- Sánchez (2007). *Tratamientos combinados físico-químicos de oxidación para la depuración de aguas residuales de la industria corchera* (tesis doctoral). Universidad de Extremadura. Badajoz, España.
- Sarria (2011). *Contaminación y toxicidad de las aguas residuales de las rallanderías del Norte del Cauca, Colombia* (tesis doctoral). Universidad Complutense de Madrid. Madrid. España
- Sierra (2011). *Calidad del agua-Evaluación y diagnóstico*. 1ª Edición. Ediciones de la U. Medellín. Colombia.
- Solis (2007). *El cultivo de plátano (género musa) en México*. Coahuila, México.
- Spinneli (2001) *Quitosana, polieletrólito natural para o tratamiento de agua potable*, Tesis de Maestría, Universidad de Santa Catarina, Brasil.
- Suárez (1998). *Estudio de las propiedades quimicofísicas y terapéuticas de algunas aguas minero medicinales de Cuba*. Habana, Cuba.
- Trujillo, Duque, Arcila, Ricon (2014). *Remoción de turbiedad en agua de una fuente natural mediante coagulación/floculación usando almidón de plátano*. Vol. 27. Bucaramanga-Colombia.

ANEXOS

Anexo 01: Panel fotográfico



Fotografía 1: soluciones patrón de almidón nativo y modificado



Fotografía 2: Equipo prueba de jarras, con las muestras de agua



Fotografía 3: Jeringas con volúmenes para la solución



Fotografía 4: Colorímetro



Fotografía 5: Turbidímetro